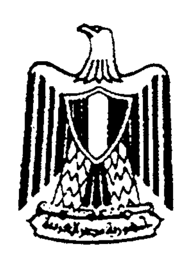
جمهورية مصر العربية
وزارة الموارد المائية والرى
المركز القومى لبحوث المياه



الكود المصرى
للموارد المائية وأعمال الرى

المجلد السادس

الأعمال الكهربائية للرى والصرف

اللجنة الدائمة

لإعداد الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

الطبعة الأولى
عام ٢٠٠٣

تقديم

لما كان الماء هو عصب الحياة وركيزة تقدم الشعوب وأنه ندرة فى منطقتنا العربية ويتزايد الطلب عليه يوماً بعد يوم فقد وجب علينا أن نرفع دوماً من كفاءة إدارته لنعظم عوائده ونحد من فواقده.

لذلك رأت وزارة الموارد المائية والرى إعداد هذا الكود ليكون دستوراً للعمل ودليلاً يهتدى به ويحتكم إليه. ولقد راعت الوزارة فى إعداده أن يضم نظماً موحدة لإدارة شبكات الرى والصرف وتنفيذ مشروعاتها، وأن يكون شاملاً لأعمال حماية وتنمية السواحل البحرية، وأن يتضمن تحديداً لأساليب الإختبار والمعايير القياسية الخاصة بتصميم وتنفيذ الأعمال وإختبار مواد الإنشاء فضلا عن تضمينه ضوابط لأحكام الرقابة على كافة الأعمال الإنشائية، وعلى أعمال إدارة شبكات الرى والصرف، والأعمال الميكانيكية والكهربية، وأعمال حماية الشواطئ، وفى نفس الوقت يشكل مرجعاً يحتكم إليه فى حسم أى خلافات قد تنشأ بين أجهزة الوزارة والمتعاملين معها من وزارات وهيئات وأفراد. وأن يكون عاملا للحد من الأخطار حماية للمجتمع وللعاملين فى هذا المجال.

وقد شارك فى إعداد هذا الكود نحو ثمانين متخصصاً من الأساتذة وكبار المهندسين من ذوى الخبرات الطويلة المشهود لهم فى مجال أعمال الوزارة سواء من داخلها أو من الجامعات المصرية المختلفة. ولقد تحرينا قبل إصدار هذا الكود أقصى درجات التدقيق كما تم طرحه على مجتمع مستخدمى المياه وعلى مختلف القطاعات العاملة فى المجالات ذات الصلة بموضوعاته طلباً لمشورتهم ومقترحاتهم فى مضمونه، وتم الإسترشاد بما تلقيناه منهم جميعاً من مقترحات بناءة ومفيدة.

ونأمل أن يساهم هذا الكود فى رفع مستوى الأداء لتعظيم الفائدة من مواردنا المائية.

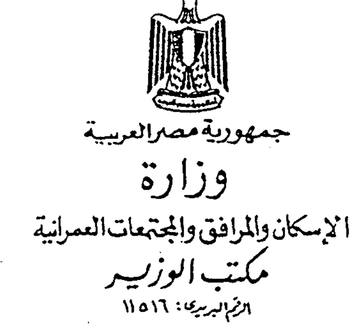
والله نسأل أن يلهمنا جميعاً سواء السبيل وأن يرشدنا لما فيه الخير لأمتنا ولوطننا العزيز.

وبالله التوفيق.

وزير الموارد المائية والرى

أستاذ دكتور مهندس / محمود عبدالحليم أبو زيد

بسم الله الرحمن الرحيم



جمهورية مصر العربية
وزارة
الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
مكتب الوزير
الرقم البريدي: ١١٥١٦

قرار وزاري
رقم (٣٥٠) لسنة ٢٠٠٣
في شأن
وضع أسس التصميم وشروط
التنفيذ بالنسبة لأعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الاطلاع على القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلي القرار الوزاري رقم ١٤٨ لسنة ١٩٩١ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بخصوص تشكيل اللجنة العليا للتنسيق بشأن إعداد الكود المصري في مجال أنشطة وزارة الأشغال العامة والموارد المائية.
- وعلي القرار الوزاري رقم ٢٨٥ لسنة ١٩٩١ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بشأن تشكيل اللجان الفرعية المختصة بإعداد بنود الكود المصري لأعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف .
- وعلي القرار الوزاري رقم ٣١٧ لسنة ١٩٩٣ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية بشأن تشكيل اللجنة الفرعية التخصصية لأعداد بنود الكود المصري في مجال حماية الشواطئ .
- وعلي القرار الوزاري ي رقم ٢٣٨ لسنة ١٩٩٤ الصادر من وزير الأشغال العامة والموارد المائية المتضمن تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الموارد المائية ومتطلبات الري والصرف .
- وعلي كتاب السيد الدكتور وزير الموارد المائية والري .

بسم الله الرحمن الرحيم



جمهورية مصر العربية
وزارة
الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
مكتب الوزير
الرقم البريدي : ١١٥١٦

قـــــرار

مادة (١): يتم العمل بأسس تصميم وشروط تنفيذ جميع أعمال الموارد المائية ومتطلبات الرى والصرف والمرفقه بهذا القرار.

مادة (٢): تلتزم الجهات المعنيه والمذكورة فى القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ماجاء بهذا القرار.

مادة (٣): تتولى اللجنة الدائمة المشكلة لهذا الغرض بوزارة الموارد المائية والرى إقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك .. وتعتبر التعديلات بعد إصدارها جزءاً لايتجزأ منه.

مادة (٤): تتولى وزارة الموارد المائية والرى نشر ماجاء بهذه الأسس والتعريف بها والتدريب عليها.

مادة (٥): ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعتبر نافذاً من تاريخ النشر.

صدر فى ٢/١٢/٢٠٠٣

وزير الإسكان والمرافق
والمجتمعات العمرانية

(م/ محمد إبراهيم سليمان)

شكر وعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم

"وقالوا الحمد لله الذى هدانا لهذا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله ".

صدق الله العظيم

بإتمام هذا العمل الكبير الذى بدأته نخبة متميزة من العلماء الأجلاء ومن كبار مهندسى الرى المصرى منذ ما يـــربو على العشر سنوات تواكبت فيها جهودهم الخالصة مع فكرهم الخلاق وفى إطار من التفانى والمثابرة والتصـــميم ليضـــعوا الأسس والمعايير للأجيال القادمة لتنظيم ولضبط ولترشيد إستخدام المياه ... تكون هذه النخـــبة قد خطت بمصرنا إلى عهد جديد يتسم بتأصيل المعرفة فى التعامل مع أهم مورد فى الحياه حبانا به الله . فلهم كل الشكر والثناء على ما قدموه لوطنهم من عطاء ، والله على حسن مثوبتهم لقدير .

وبمـــا أن الفضل يجب أن يرد إلى صانعيه .. فيتوجب علينا أن نذكر بكل العرفان والتقدير كل من آزروا هذا العمـــل وهـــيأوا له سبل الإنجاز . فما كان لهذا العمل أن يبدأ دون إشارة البدء التى أطلقها السيد المهندس الكبـــير الوزيـــر/ عصام عبدالحميد راضى الذى سارع بالإستجابة وبتوفير كافة الإمكانات له وبذلك إستحق وبكـــل الحـــق فضـــل ريادة هذا العمل .. كذلك كان للزميل العزيز الأستاذ الدكتور الوزير / محمد عبدالهادى راضـــى طيـــب الله ثـــراه مآثـــره ، فلقد كان لجهده وفكره الثاقب أعظم الأثر فى التخطيط البناء له وذلك عـــندما شـــغل عضوية أول تشكيل للجنة تنسيق الكود كما كان لرعايته الدائمة له عندما تقلد منصب رئاسة وزارة الأشـــغال العامة والموارد المائية أبعد الأثر لدفع العمل لأعلى المستويات ... وأخيراً وليس آخراً لا بد أن ننوه بالدعم الكبير الذى قدمه ويقدمه الأستاذ الدكتور الوزير/ محمود عبدالحليم أبو زيد الذى قيد الله أن يتم فضله وأن تتم الطبعة الأولى لكود الموارد المائية وأعمال الرى بحسن توجيهه وبفضل إرشاده .

وقل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون .

"ربنا لا تزغ قلوبنا بعد إذ هديتنا" "ربنا هيئ لنا من أمرنا رشدا"

يونيو ٢٠٠٣

مقرر لجنة تنسيق

الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

أ.د/ أحمد عبدالوهاب خفاجى

أسماء السادة المشاركين فى إعداد
الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

أعد هذا الكود بمعرفة اللجان التالية:

أولاً: اللجنة الدائمة للكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

ثانياً: لجنة تنسيق الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

ثالثاً: اللجان التخصصية وهى:

١. لجنة إدارة شبكات الرى والصرف
٢. لجنة المنشآت المدنية للرى والصرف
٣. لجنة الأعمال الميكانيكية والكهربائية للرى والصرف
٤. لجنة تقنيات حماية الشواطئ البحرية

** وقد تشكلت اللجنة الدائمة برئاسة السيد الدكتور الوزير واشترك فى عضويتها منذ بدء تشكيلها للمرة الأولى وحتى تشكيلها الحالى - السادة الأتية أسماؤهم طبقا للترتيب الأبجدى وهم:

أ.د/ أحمد عبد الوهاب خفاجى — مقرراً
أ.د/ أحمد فخرى خطاب
م/ احمد جابر بركات
م/ أنور محمد حجازى
م/ حسين سعيد علوان
أ.د/ سعد ابراهيم الخوالقة
أ.د/ شارل شكرى سكلا
أ.د/ طلعت محمد عويس
أ.د/ عبد الرحمن صادق بازرعة
أ.د/ عبد الرحمن حلمى الرملى — مقرراً
م/ عبد الغنى حسن السيد
أ.د/ محمد بهاء الدين أحمد
أ.د/ محمد فائق عبد ربه
أ.د/ محمد مصطفى عطعوط
م/ محمود سعد الدين الجندى
أ.د/ مصطفى توفيق جاويش
م/ مصطفى محمود القاضى
أ.د/ منى مصطفى القاضى
م/ نبيل فوزى ناشد
أ.د/ نزيه أسعد يونان

** شغل عضوية لجنة التنسيق منذ بدء تكوينها وحتى تشكيلها الحالى كل من السادة الآتية أسماؤهم طبقا للترتيب الأبجدى:

أ.د/ أحمد عبد الوهاب خفاجى	مقرراً
أ.د/ أحمد فخرى خطاب	
أ.د/ عبد المعطى حسن هيكل	
أ.د/ محمد رفيق عبد البارى	
أ.د/ محمد عبد الهادى راضى	
أ.د/ مصطفى توفيق جاويش	
د.م/ محمد إسماعيل أبو خشبة	(أمانة فنية)
د.م/ ياسر عبد العزيز الحاكم	(أمانة فنية)

أسماء السادة المشاركين فى إعداد المجلدين الخامس والسادس

** ساهم فى إعداد المادة العلمية لهذين المجلدين وحققها وراجعها وصاغها كل من السادة الآتية أسماؤهم – طبقاً للترتيب الأبجدى:

م/ ابراهيم عبد اللطيف الدسوقى
أ.د/أحمد أحمد أبو سلامة
م/ أحمد جابر بركات مقرراً
أ.د/ أحمد رأفت عبدالحميد
أ.د/ الحسينى طه الشربينى
أ.د/ السعيد طه الطناحى
أ.د/ بسيونى أحمد خليفه
م/ تودرى جرجس تاوضروس
أ.د/ رضوان حسن عبد الحميد
أ.د/ سعد مجاهد الراجحى
م/ سعد ذكى سماحة
أ.د/ طاهر ابراهيم صبرى
م/ عبد اللطيف محمد عسكر
م/ عبد الغنى حسن السيد
م/ على شفيق رفاعى
م/ كامل كامل حسين أبو السعود
م/ كامل عبد العزيز مصطفى
م/ محمد ابراهيم مصطفى
د.م/ محمد عادل يونس
أ.د/ محمد على هلال
أ.د/ محمد فائق عبد ربه
أ.د/ محمد مصطفى عطعوط

الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى

يقع الكود المصرى للموارد المائية وأعمال الرى فى سبعة مجلدات هى على النحو التالى:

المجلد الأول : إدارة شبكات الرى والصرف (الجزء الأول) ويشمل:

مقدمة : تقديم لمرفق الرى و الصرف، وأجهزة الوزارة، ومسئولياتها
الباب الأول : رى الأراضي الزراعية
الباب الثانى : صرف الأراضى الزراعية

المجلد الثانى : إدارة شبكات الرى والصرف (الجزء الثانى) ويشمل:

الباب الثالث : التوسع الأفقى
الباب الرابع : تنمية الموارد المائية
الباب الخامس : أعمال الصيانة
الباب السادس : إدارة هيدرولوجيا السيول
الباب السابع : الأعمال المساحية

المجلد الثالث : المنشآت المدنية للرى والصرف (الجزء الأول) ويشمل:

الباب الأول : شبكات الرى المبطنة
الباب الثانى : المنشآت المائية المتقاطعة
الباب الثالث : المفيضات والمصبات
الباب الرابع : الهدارات
الباب الخامس : القناطر والبوابات
الباب السادس : السدود
الباب السابع : الأهوسة الملاحية
الباب الثامن : محطات توليد القوى الكهرومائية

المجلد الرابع : المنشآت المدنية للرى والصرف (الجزء الثانى) ويشمل :

الباب التاسع : محطات الطلمبات
الباب العاشر : الآبار
الباب الحادى عشر : الكبارى
الباب الثانى عشر : الأنفاق
ملحق م١ : خرسانة المنشآت المائية

المجلد الخامس : الأعمال الميكانيكية للرى والصرف ويشمل:

الباب الأول : المضخات
الباب الثانى : محركات الإحتراق الداخلى
الباب الثالث : معدات نقل الحركة والقدرة
الباب الرابع : المحابس والبوابات
الباب الخامس : الوقاية الميكانيكية والكيماوية والحماية الكاثودية
الباب السادس : اختبار واختيار المواد
الباب السابع : المعدات الميكانيكية لصيانة المجارى المائية
الباب الثامن : معدات الرى المتطور
الباب التاسع : معدات مراقبة نوعية المياه فى المجارى المائية

المجلد السادس : الأعمال الكهربائية للرى والصرف ويشمل:

الباب الأول : المحركات الكهربية
الباب الثانى : المحولات الكهربية وملحقاتها
الباب الثالث : المفاتيح وتركيبات التوصيلات الكهربائية والوقاية الكهربائية
الباب الرابع : دوائر وأجهزة التحكم فى المحركات الكهربية
الباب الخامس : شروط تنفيذ الأعمال الكهربية
الباب السادس : منظومات طوارىء التغذية الكهربية
الباب السابع : التأريض
الباب الثامن : معدات الرى التى تعمل بالكهرباء

المجلد السابع: تقنيات حماية الشواطىء البحرية ويشمل:

الباب الأول : العوامل الطبيعية المؤثرة على المنطقة الساحلية والشاطئية

الباب الثانى : البحوث والدراسات الحقلية وأعمال النماذج الهيدروليكية الطبيعية والرياضية

الباب الثالث : تخطيط منشآت حماية الشواطئ وتأثيرها على المنطقة الشاطئية

الباب الرابع : تصميم منشآت الحماية

الباب الخامس : منشآت حماية الشواطئ وصيانتها

فهرس المجلد السادس
الأعمال الكهربائية للرى والصرف

الباب الأول المحركات الكهربائية

الباب الثانى المحولات الكهربائية وملحقاتها

الباب الثالث المفاتيح وتركيبات التوصيلات الكهربائية والوقاية الكهربائية

الباب الرابع دوائر وأجهزة التحكم فى المحركات الكهربائية

الباب الخامس شروط تنفيذ الأعمال الكهربية

الباب السادس منظومات طوارئ التغذية الكهربائية

الباب السابع التأريض

الباب الثامن معدات الرى التى تعمل بالكهرباء

الباب الأول
المحركات الكهربائية

١-١ المحركات ثلاثية الطور

١- المحرك التأثيرى
المحرك التأثيرى هو آلة حثية يتم تغذية الملفات الابتدائية الموجودة فى العضو الثابت بمصدر الكهرباء ثلاثى الأطوار، بينما تكون الملفات الثانوية موجودة فى العضو الدائر والذى يكون من النوع ذى القفص السنجابى أو من النوع الملفوف.
أ – العضو الدائر ذو القفص السنجابى يتكون من عدد من القضبان الموصلة والمقصورة على نفسها بحلقات طرفية من الجانبين.
ب- العضو الدائر الملفوف يتكون من ملفات متعددة الأطوار يتم توصيلها بمقاومات أثناء بدء الحركة وخاصة فى المحركات الكبيرة.

٢- المحرك التزامنى (Synchronous Motor)
يتكون المحرك التزامنى من عضو ثابت به ملفات ثلاثية الأطوار تغذى من مصدر تيار متردد ثلاثى الأطوار، أما العضو الدائر فتغذى ملفاته بتيار مستمر عن طريق حلقتى انزلاق. ويتم بدء دوران هذا النوع من المحركات مثل المحرك التأثيرى وذلك باستخدام قفص سنجابى وملفات خامدة تعمل كملفات لبدء الدوران وأثناء التشغيل العادى لا يمر تيار بهذه الملفات ، ويمكن بدء الحركة بواسطة محرك صغير مثبت على عمود الإدارة الرئيسي.

١-٢ المحركات ذات الطور الواحد
تعمـــل هذه المحركات بالتيار المتردد ويكون العضـــو الدائر فى معظم الحالات ذا قفص سنجابى وتنقسم إلى :

أ- المحرك ذى الطور الواحد المشقوق (Split-phase Motor)
يتكون من ملفات رئيسية وملفات مساعدة بينهما زاوية كهربية مناسبة وعندما يصل المحرك إلى سرعته العادية يتم فتح دائرة الملفات المساعدة بواسطة مفتاح يعمل بتأثير القوة الطاردة المركزية.

ب- المحرك ذى المكثف (Capacitor Motor)
يتم توصيل الملفات الرئيسية بمصدر الكهرباء والملفات المساعدة متصل بها مكثف على التوالى وتعمل هذه الملفات المساعدة فقط أثناء بدء التشغيل ويتم فصلها بواسطة مفتاح الطرد المركزى ويمكن أن يكون هناك مكثف آخر إضافى يستمر فى دائرة الملفات المساعدة عند التشغيل.

ج- المحرك العام (Universal Motor)
يتم توصيل ملفات العضو الثابت بالتوالى مع ملفات العضو الدائر وتصمم هذه المحركات للعمل بنفس السرعة والقدرة باستخدام تيار مستمر أو تيار متردد طور واحد.

١-٣ التصنيف طبقا للهيكل وطرق التبريد

١-٣-١ التصنيف طبقا للهيكل (Enclosure)

أ- محرك مفتوح
وتكون فيه فتحات التهوية بدون أى عائق لمرور هواء التبريد الخارجى حول الملفات.

ب- محرك مانع لقطرات المياه (Drip Proof)
وهو محرك مفتوح يتم تصميم فتحات التهوية به بحيث لا يتأثر تشغيل المحرك فى حالة تساقط نقط من سائل أو أجزاء صلبة صغيرة على زاوية من صفر إلى ١٥ درجة من الرأسي.

ج- محرك مانع للرذاذ (Splash Proof)
وهو محرك مفتوح يتم تصميم فتحات التهوية به بحيث لا يتأثر تشغيل المحرك فى حالة تساقط نقط من سائل أو أجزاء صلبة صغيرة على زاوية أقل من ١٠٠ درجة من الرأسي.

د- محرك بحماية شبكية (Guarded)
وهو محرك مفتوح تتم تغطية جميع فتحاته بحواجز أو شبك معدنى ممدد أو أى وسائل أخرى لتمنع دخول أى مواد غريبة إلى أجزائه الدائرة أو التى يمر بها تيار.

هـ- محرك محكم الغلق (Totally Closed)
ويتم تصميم هذا المحرك بحيث يمنع تماما أى تبادل للهواء بين الفراغ الداخلى بجسم المحرك والهواء المحيط به ويمكن إضافة مروحة تبريد خارجية تركب على عمود المحرك ولكنها تكون خارج جسم المحرك.

و- محرك ضد الإنفجار (Explosion Proof)
وهو محرك محكم الغلق يتم تصميمه لتحمل انفجار أى غاز أو بخار بداخله كما يمنع حدوث أى شرارة تؤدى لانتقال أى غاز أو بخار حول جسم المحرك.

١-٣-٢ التصنيف طبقا لطرق التبريد

أ- تبريد ذاتى
ويستخدم عادة فى المحركات الصغيرة حيث يكفى الهواء الذى تولده الأجزاء والريش الدائرة على عمود المحرك للتبريد اللازم.

ب- التبريد بالمراوح
يتم سحب الهواء من أحد طرفى المحرك بواسطة مروحة داخلية وبعد مروره على الملفات والعضو الدائر يخرج من الطرف الأخر للمحرك، ويمكن سحب الهواء من طرفى المحرك ثم إخراجه من فتحات فى جسم المحرك.
وبالنسبة للمحركات محكمة الغلق تقوم مروحة خارجية بدفع الهواء حول زعانف التبريد، وداخل المحرك تقوم مروحة داخلية بدفع الهواء الساخن داخل المحرك حتى تنتقل الحرارة إلى خارج جسم المحرك.

ج- التبريد بمجموعة من الأنابيب (Pipe Cooling)

توضـع فـى عدة صفوف طولية حول محيط جسم المحرك وتقوم مروحة داخلية بدفع الهواء داخل جسم المحرك كما تقوم مروحة خارجية بضخ الهواء داخل الأنابيب الخارجية.

د- التبريد بالمياه (Water Cooling)

يتم التبريد فى دائرة مغلقة تجمع بين التبريد والحماية من دخول الأتربة ويتم التبريد داخل مبادل حرارى يتكون من مجموعة من المواسير التى تبرد بالمياه.

١-٤ علامات الأطراف Terminal Marking

الجدول رقم (١-١) يوضح علامات الأطراف بصفة عامة للآلات الكهربائية الدائرة ذات التيار المتردد والتيار المستمر وذلك طبقا للكود الكهربى العالمى : IEC Pub. 34-8-1972 ومواصفات الاتحاد الألمانى للأعمال الكهربائية VDE.

الآلات الكهـربائية ذات التـيار المسـتمر وكـذا الآلات الكهـربائية التـزامنيه يمكـن تصـميمها وتشـغيلها كمحركات أو مولدات طاقة كهربائية.

جدول (١-١) علامات الأطراف للآلات الكهربائية

نوع الآلة الكهربائية	نوع الملفات	علامات الأطراف	
		IEC 34-8	VDE 0570
١	٢	٣	٤
آلات تزامنيه ثلاثية الطور	ملفات التيار المستمر	F1. F2	J. K
	ملفات التيار المتردد ثلاثية الطور	U1. U2 V1. V2 W1. W2	U. X V. Y W. Z
محركات تأثيرية ذات العضو الدائر الملفوف ثلاثية الطور	ملفات العضو الثابت ثلاثية الطور	U1. U2 V1. V2 W1. W2	U. X V. Y W. Z
	ملفات العضو الدائر ثلاثية الطور	K1. K2 L1. L2 M1. M2	U. X V. Y W. Z
محركات تأثيرية ثلاثية الطور ذات قفص سنجابى	الملفات ثلاثية الطور	U1. U2 V1. V2	U. X V. Y

علامات الأطراف		نوع الملفات	نوع الآلة الكهربائية
VDE 0570	IEC 34-8		
٤	٣	٢	١
W. Z	W1. W2		
U. V W. Z	U1. U2 Z1. Z2	الملفات الرئيسية الملفات المساعدة	محركات تأثيرية أحادية الطور ذات قفص سنجابى
J. K E. F	F1. F2 S1. S2	ملفات المجال المغناطيسى	آلة تيار مستمر
GA. HB	A1. A2	ملفات العضو الدائر	

١-٥ علب توصيل المحركات (Connecting Boxes)

يتم توصيل أطراف المحرك بنهايات الكابل المتصل بمصدر التغذية داخل صندوق توصيل مناسب يصنع من المعدن ويزود بطرف لتوصيله بالأرضى.
وبالنسبة للمحركات التى تعمل على جهد منخفض يمكن استعمال صناديق من مواد غير معدنية وغير قابلة للاشتعال على أن يراعى توصيل جسم المحرك بالأرضي.

١-٥-١ الأبعاد والحجم

أ- محركات التيار المتردد التى تعمل بجهد ثلاثى ٣٨٠ فولت

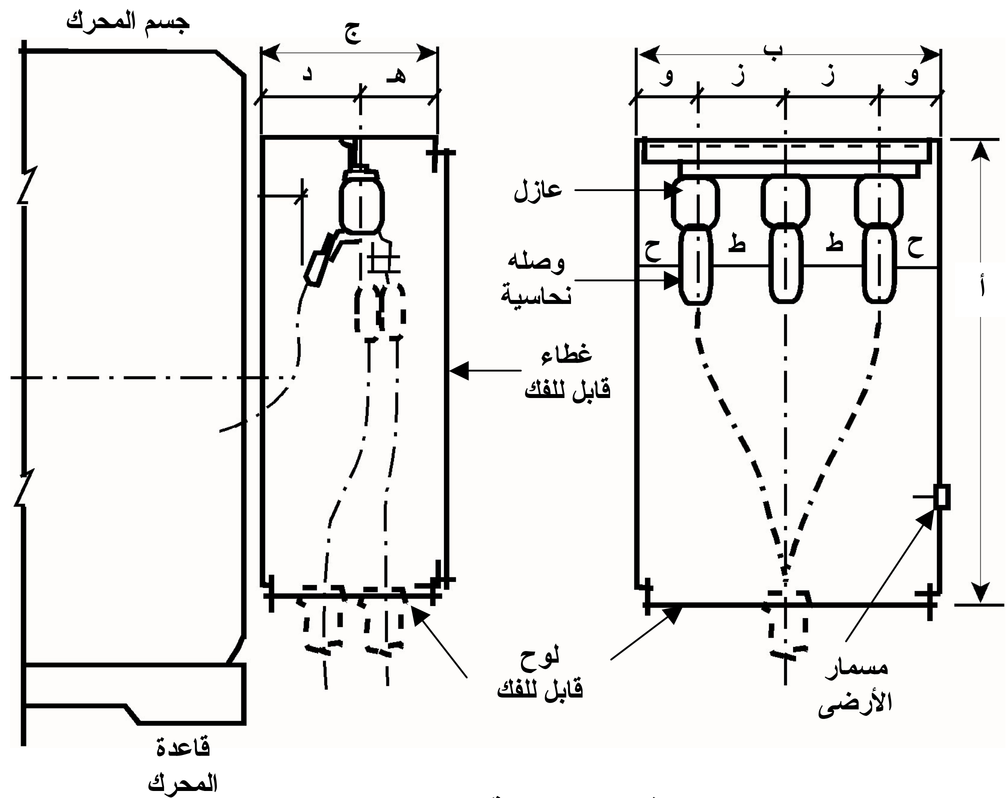
يلزم أن تكون علب التوصيل بأبعاد مناسبة لتوفير حيز مناسب يتيح سهولة توصيل نهايات كابل التغذية بأطراف المحرك وتكون أبعاد صندوق النهايات بالجدول (١-٢).

جدول (١-٢)

أقل حجم مستفاد به سم^{٣}	أقل بعد بين الأطراف بصندوق النهايات سم	قدرة المحرك حصان
٤٥٠	٧	٢٠
١٠٠٠	٩	٣٠
١٩٠٠	١١	٥٠
٣٠٠٠	١٣	١٠٠

ب- محركات التيار المتردد بقدرة أكبر من ١٠٠ حصان

يفضل تزويد علب التوصيل بعوازل مثبت بها نهايات نحاسية يتم ربط أطراف المحرك ونهايات كابل التغذية بها وتكون الأبعاد لعلب التوصيل كالموضح بالشكل رقم (١-١) وجدول (١-٣).



شكل رقم (١-١) علبة توصيل المحركات

جدول (١-٣) الأبعاد المختلفة بشكل (١-١) الخاص بصناديق توصيل المحركات المزودة بعوازل

جهد المحرك فولت	أقل بعد بالسنتيمتر								
	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط
٣٨٠	٦٠	٤٨	٤٦	٢٤	٢٢	١٠	١٤	٦	١٠
٦٦٠٠	٩٠	٧٦	٤٦	٢٤	٢٢	١٥	٢٣	١٠	١٥
١١٠٠٠	١٢٠	١١٢	٦٤	٣٤	٣٠	٢٢	٣٤	١٧	٢٤

١-٦ إختيار المحركات

يلزم لاختيار المحرك المناسب أن يكون ملائما للعوامل التالية:
أ- جهد مصدر التيار الكهربائي.
ب- موقع تركيب المحرك.
ج- نوع المحرك ومناسبته لنوع الحمل والعزم اللازم عند بدء الإدارة.

١-٦-١ الاختيار بالنسبة لجهد مصدر القدرة

جدول (١-٤)

جهد مصدر القدرة (فولت)	قدرة المحرك بالحصان
٢٢٠ (طور واحد)	حتى ١٠ حصان
٣٨٠ ثلاثى الطور	من ٢٠ إلى ٥٠٠
٦٦٠٠ ثلاثى الطور	من ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠
١١٠٠٠ ثلاثى الطور	من ١٠٠٠ فأكثر

١-٦-٢ الاختيار بالنسبة لموقع تركيب المحرك

يراعى أن يكون موقع تركيب المحرك جيدا مع السماح بسهوله إجراء أعمال الصيانة العادية مثل تشحيم وتزييت كراسى التحميل وتغيير الفرش الكربونية.

أ- التركيب داخل المبانى

١- يستخدم هيكل مانع للقطرات أو هيكل بحماية شبكية.
٢- يستخدم هيكل محكم الغلق إذا كان الهواء المحيط محملا بأبخرة أو غازات أو مواد كيميائية.
٣- يستخدم هيكل بتبريد خلال أنابيب أو تبريد بالمياه إذا كانت درجة حرارة الهواء المحيط داخل المبنى أكثر من ٤٠° م.

ب- التركيب خارج المبانى

يستخدم هيكل محكم الغلق.

ج- التركيب فى المناطق الصحراوية

تتعرض المناطق الصحراوية إلى تيارات هواء محملة بالرمال الناعمة لهذا يفضل فى هذه المناطق أن تكون كراسى التحميل من النوع المغمور فى الزيت بدلا من استخدام الشحم حيث أن تسرب أى ذرات من الرمال إلى داخل كراسى التحميل يؤدى إلى سرعة تلفها.

١-٦-٣ الاختيار بالنسبة لنوع المحرك

أ- المحركات التأثيرية ذات العضو الدائر الملفوف

تستخدم هذه المحركات فى الحالات التى تتطلب أن يكون تيار بدء الحركة صغيرا نسبيا وتتطلب عزما كبيرا عند بدء الحركة حتى يمكن للمحرك أن يبدأ الدوران وهو محمل.

كما تستخدم هذه المحركات فى تدوير الأوناش والمصاعد وفى الحالات المماثلة التى يتطلب الحمل فيها تكرار بدء الحركة والإيقاف وعكس اتجاه الدوران ، بالإضافة إلى إمكانية تغيير السرعة.

ب- المحركات التأثيرية ذات القفص السنجابى

تمتاز هذه المحركات بأن العضو الدائر ليس به ملفات حيث يتم وضع قضبان من النحاس أو الألومنيوم فى مجارى العضو الدائر ويتم لحام أطراف هذه القضبان بحلقة نهاية عند كل جانب من العضو الدائر.
وطبقا للمعايير العالمية لرابطة صناعة المعدات الكهروميكانيكية والمعروفة باسم (NEMA) فإن محركات القفص السنجابى تنقسم إلى أربعة أنواع طبقا لحدود عزم وتيار البدء وسرعة التشغيل وهذه الأنواع هى :

١- محرك قفص سنجابى من النوع (أ) (Class A Type).
٢- محرك قفص سنجابى من النوع (ب) (Class B Type).
٣- محرك قفص سنجابى من النوع (ج) (Class C Type).
٤- محرك قفص سنجابى من النوع (د) (Class D Type).

شكل (١-٢) يوضح الخواص المعيارية العالمية لهذه الأنواع.

ويتم بدء الحركة فى هذه المحركات بإحدى الطرق الآتية :

١- إستخدام قواطع نجمة / دلتا بحيث تبدأ حركة المحرك وملفاته متصلة (نجمة) وعندما تصل سرعة المحرك إلى حوإلى ٧٥ % من سرعته المقننة يتم تحويل توصيل ملفاته (دلتا).
٢- إستخدام محول ذاتى لتقليل جهد التشغيل عند البدء بنسبة تصل إلى حوإلى ٦٠ % من الجهد المقنن ، وعندما تصل سرعة المحرك إلى حوإلى ٧٥ % يتم التحويل تلقائيا إلى جهد التشغيل الكامل للمحرك.
٣- استخدام ممانعات بالتوالى مع ملفات العضو الثابت.
٤- استخدام بادئ حركة الكترونى (اجهزة البدء الناعم Soft starters).

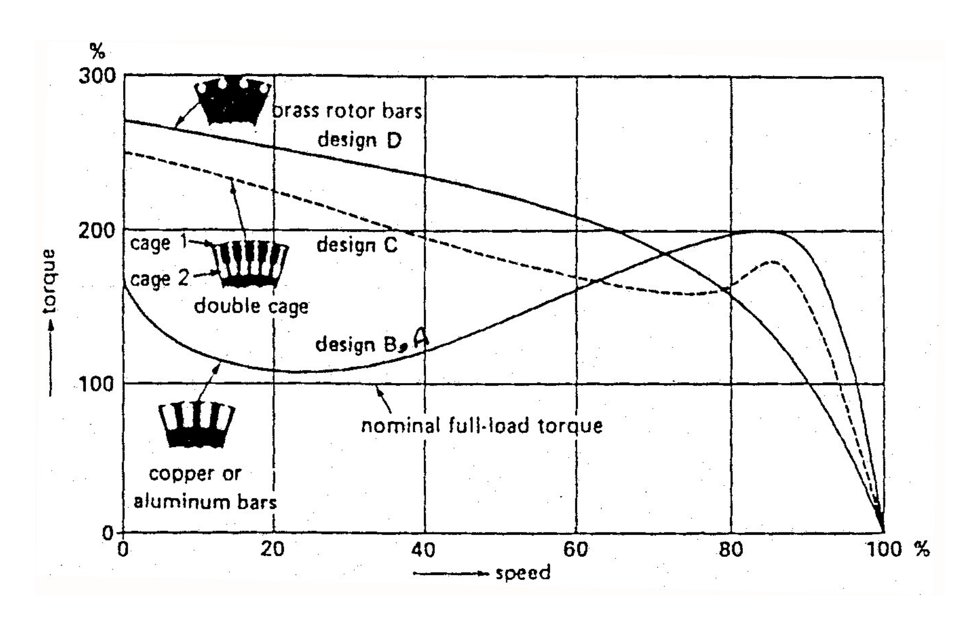
وتستخدم المحركات التأثيرية ذات القفص السنجابى فى إدارة المراوح و الطلمبات كما أنها تناسب الحالات التى يتم فيها بدء إدارة المحرك أوتوماتيكيا.

ج- المحركات التزامنية

يفضل استخدام هذه المحركات فى القدرات الكبيرة و السرعات المنخفضة والعوامل التى تحكم المفاضلة بين المحركات التزامنية والمحركات التأثيرية هى قدرة المحرك وسرعته والعامل الاقتصادى (الذى يحدد سعر المحرك) وكفاءته ومعامل القدرة ويمكن إتباع القواعد التالية فى المفاضلة بين المحركات التزامنية والتأثيرية :

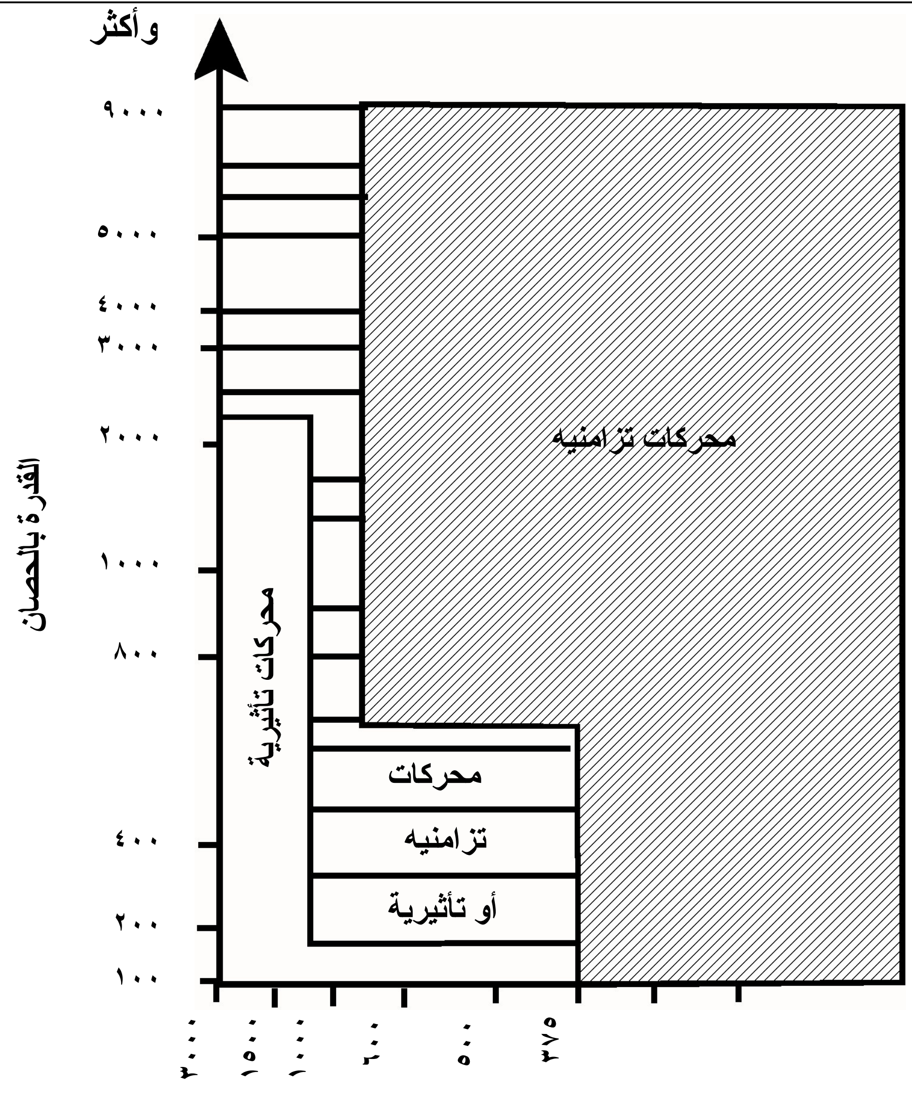
١- عند سرعة ٣٠٠٠ لفة / د تستخدم المحركات التأثيرية حتى قدرة ٢٠٠٠ حصان، ويمكن إستخدام المحركات التزامنية للقدرات من ٢٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ حصان . أما بالنسبة للقدرات التى تزيد عن ذلك فإن الاختيار الأول يكون للمحركات التزامنية.

٢- عند سرعة ١٥٠٠ لفة / د يمكن استخدام المحركات التأثيرية للقدرات من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ حصان، وفى حالة ضرورة تحسين معامل القدرة تكون المحركات التزامنية هى المناسبة.
٣- وعند سرعات من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ لفة / د تستخدم المحركات التأثيرية حتى قدرة ٢٠٠ حصان وتستخدم المحركات التزامنية للقدرات أكبر من ٧٠٠ حصان.
٤- وعند السرعات أقل من ٥٠٠ لفة / د تكون المحركات التأثيرية غير مناسبة لانخفاض الجودة ومعامل القدرة بها.



شكل رقم (١-٢) الخواص العيارية لمحركات القفص السنجابى

وكقاعدة تقريبية فإن المحركات التزامنية تكون فى الغالب أرخص من المحركات التأثيرية إذا كانت قدرة المحرك أكثر من حصان لكل لفة/ د. والشكل (١-٣) يبين مجال استخدام المحركات التزامنية والتأثيرية.



شكل رقم (١-٣) مجالات استخدام المحركات التزامنية والتأثيرية

١-٧ تنظيم سرعة محركات التيار المتردد (Speed Control of A.C Motors)

السرعة التزامنية للمحرك (Synchronous Speed) : سرعة المحرك التزامنية تتوقف بصورة أساسية على تردد المصدر الكهربى للتشغيل وكذلك على عدد أقطاب المحرك المطلوب. جدول (١-٥) يوضح السرعات التزامنية المعيارية المتفق عليها لتردد كهربى مقداره ٥٠ هيرتز.

جدول (١-٥) السرعات التزامنية المعيارية (تردد المصدر = ٥٠ هيرتز)

عدد الأقطاب	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٦	٢٠	٢٤
السرعة التزامنية	٣٠٠٠	١٥٠٠	١٠٠٠	٧٥٠	٦٠٠	٥٠٠	٣٧٥	٣٠٠	٢٥٠

السرعة المقننة للمحرك (Rated Speed) : هى سرعة المحرك عند الحمل الكامل للتشغيل وتدون قيمتها على لوحة البيانات المعدنية الخاصة بالمحرك بوحدات لفة / دقيقة ، أو (r.p.m.) أو (Rev/min).

جدول (١-٦) يوضح قيم التنظيم المئوية المعيارية لسرعة المحركات المقننة شاملا :
١- محركات القفص السنجابى من النوع (NEMA CLASS A, B, C, D and F)
٢- محركات العضو الدائر الملفوف (NEMA Wound Rotor Induction Motor-WRIM)
ويجب مراعاة معايير استخدام تنظيم سرعة المحركات :
١- فى حالة احتياج الحمل إلى سرعة ثابتة ومؤكدة.
٢- فى حالة احتياج الحمل إلى سرعة دقيقة – الأمر الذى قد يتطلب استخدام طرق تحكم ذات تغذية رجعية (Feedback Control)

جدول (١-٦) قيم تنظيم السرعة المقننة للمحركات التأثيرية الثلاثية الطور

نوع المحرك (NEMA CLASS)	النسبة المئوية لتنظيم السرعة المقننة
A	٢ إلى ٥ (أقل دائما من ٥)
B	٣ إلى ٥ (أقل دائما من ٥)
C	٤ إلى ٥ (أقل دائما من ٥)
D	(٥ إلى ٨) لمحركات العزوم أو (٨ إلى ١٣) للمحركات المقاومة العالية بالعضو الدائر
F	أعلى قليلا من ٥
محرك بعضو دائر ملفوف WRIM (٠,٥ إلى ٥٠٠٠ حصان)	من (٣ إلى ٥)

٣- فى حالة الحاجة إلى اختيار قيم مختلفة لسرعة محرك التشغيل.
٤- فى حالة الحاجة إلى تقليل سرعة المحرك تدريجيا لتتفق مع خواص الحمل الميكانيكى عليه.

١-٧-١ تنظيم سرعة المحركات بتغيير عدد الأقطاب (Pole-Changing)

هذه الطريقة بسيطة وسهلة التشغيل ولا تحتاج إلى نظام صيانة معين ، ويراعى عند اختيارها ألا يتم توصيفها لأكثر من أربع سرعات مختلفة لمحرك التشغيل ، وإلا سيزداد حجم المحرك ويكثر معه معدات التشغيل اللازمة (Switch gears) ويفقد المحرك جدواه الاقتصادية.

١- بالنسبة لمحرك القفص السنجابى (SQIM)

إختيار هذه الطريقة لهذا النوع من المحركات مناسب جدا للقدرات الكهربية المختلفة ، إذ يتم تغيير عدد أقطاب ملفات العضو الثابت فقط دون النظر إلى ملفات العضو الدائر للحصول على سرعة التشغيل المطلوبة.

٢- بالنسبة لمحرك العضو الدائر الملفوف (WRIM)
لا يحبذ اختيار هذه الطريقة مع هذا المحرك ، إذ يجب أن يزود العضو الدائر بأطراف إضافية تسمح بتغير عدد أقطابه لتتفق مع تغيير عدد أقطاب العضو الثابت.

وتصنف المحركات طبقا لتغيير عدد الأقطاب إلى :

أ- تغيير الأقطاب لمحرك ذى مجموعة واحدة من الملفات (Single-Winding Pole-Changing)
ويمكن الحصول على سرعتين فقط من هذا المحرك بنسبة (٢ : ١) ، حيث تقسم ملفات العضو الثابت إلى جزئين يتم توصيلهما معا على التوالى (دلتا) وذلك للحصول على السرعة المنخفضة أو بالتوازى (نجمة) للحصول على السرعة العالية.

ب- تغيير الأقطاب لمحرك بمجموعتين من الملفات (Two-Winding Motor Pole-Changing)
هذا المحرك يمكن إختياره للحصول منه وبحد أقصى على أربع سرعات مختلفة إذ يحتوى العضو الثابت على مجموعتين من الملفات مستقلتين تماما عن بعضهما ، بحيث يتم توصيل أجزاء كل منهما على حدة إما توالى أو توازى للحصول على سرعة التشغيل المطلوبة.

ج- محرك يمكن تعديل عدد أقطابه (Pole Amplitude Modulation-PAM)
يمكن اعتبار هذه الطريقة من أحسن الطرق الخاصة لتغيير سرعة المحركات التأثيرية الثلاثية الطور عن طريق تغيير عدد الأقطاب من خلال مجموعة ملفات واحدة على عضوه الثابت، وفى هذه الطريقة يمكن تعديل عدد أقطاب العضو الثابت وذلك بإعادة توصيل أطرافها معا لتنتج عددا مختلفا من أقطاب ملفات التشغيل ، ويلاحظ فى هذا النوع أنه يمكن الحصول على نسبة تغيير للسرعات من (٢ : ١) وحتى (٥ : ١).

جدول رقم (١-٧) يوضح بعض القيم العملية لتنظيم سرعة المحركات الثلاثية الطور عن طريق تغيير عدد الأقطاب طبقا للنظم العالمية.

جدول رقم (١-٧) بعض القيم العملية لتغيير سرعة المحركات الثلاثية الطور عند تردد ٥٠ هيرتز

عدد الأقطاب	السرعة التزامنية لفة / دقيقة	مجموعات الملفات بالعضو الثابت	عدد أطراف التوصيل
٢ / ٤	٣٠٠٠ / ١٥٠٠	١	٦
٤ / ٨	١٥٠٠ / ٧٥٠	١	٦
٦ / ١٢	١٠٠٠ / ٥٠٠	١	٦
٤ / ٦	١٥٠٠ / ١٠٠٠	(٢) أو (١)	٦
٦/٨	١٠٠٠ / ٧٥٠	(٢) أو (١)	٦
٤ / ١٢	١٥٠٠ / ٥٠٠	(٢) أو (١)	٦
٨ / ١٢	٧٥٠ / ٥٠٠	(٢) أو (١)	٦
٨ / ٤ _ ٦	١٠٠٠ - ١٥٠٠ / ٧٥٠	٢	٩

عدد الأقطاب	السرعة التزامنية لفة / دقيقة	مجموعات الملفات بالعضو الثابت	عدد أطراف التوصيل
١٢ / ٦ ــ ٤	٥٠٠ / ١٠٠٠ ـ ١٥٠٠	٢	٩
٨ / ٤ ــ ١٢	٧٥٠ / ١٥٠٠ ـ ٥٠٠	٢	٩
١٢ / ٦ ــ ٨	٥٠٠ / ١٠٠٠ ـ ٧٥٠	٢	٩
٨ / ٤ ــ ١٢ / ٦	٧٥٠ / ١٥٠٠ ـ ٥٠٠ / ١٠٠٠	٢	١٢

عند اختيار عملية تنظيم السرعة عن طريق تغيير عدد أقطاب المحرك، فإن المفاقيد الحرارية وخاصة عند عمليات بدء تشغيل المحرك تنخفض تقريبا بنسبة ٥٠ % مما يناسب وحدات الطلمبات الضخمة التى قد تحتاج إلى زمن طويل أثناء عمليات بدء التشغيل.

١-٧-٢ توصيف خصائص المحرك أثناء تنظيم السرعة

يجب عند تحديد طريقة تنظيم السرعة المطلوبة توصيف خصائص المحرك جيدا أثناء عمليات تغيير سرعته طبقا للنظم العالمية المعمول بها (NEMA or VDE) فإن توصيف خصائص المحرك الخاضعة لعمليات تنظيم السرعة عن طريق تغيير أو تعديل عدد الأقطاب هى :

أ- محركات العزم الثابت

وهى التى تنتج عزما ثابتا سواء عند السرعات المنخفضة أو السرعات العالية وتناسب الأعمال ذات العزم الثابت

ب- محركات القدرة الكهربية الثابتة

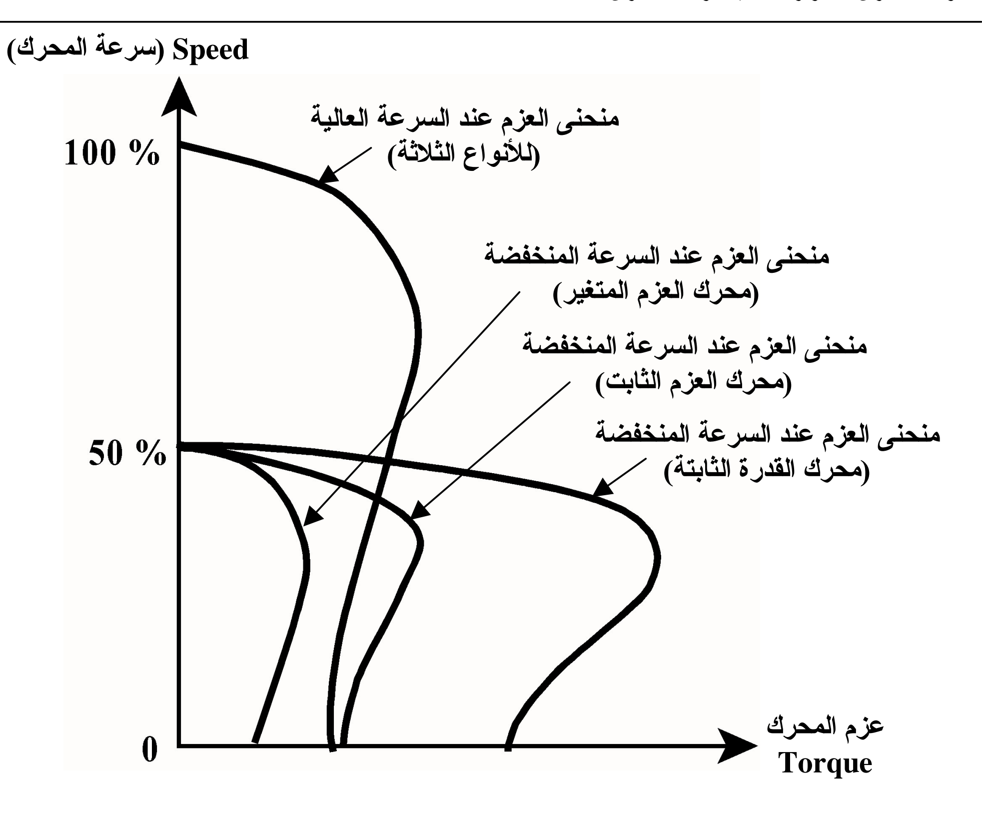
وهى التى لها قدرة كهربية ثابتة سواء عند السرعات المنخفضة أو العالية وتناسب الأعمال ذات القدرة الثابته.

ج- محركات العزم المتغير

وهى التى تنتج عزما كهر ومغناطيسيا يتناسب مباشرة مع سرعة المحرك ، حيث يكون العزم عاليا عند السرعة العالية ومنخفضا عند السرعة المنخفضة وتناسب الأحمال الذى يتغير عزمها مع سرعة الدوران.

شكل رقم (١-٤) يوضح الأداء الرئيسى والمعروف بمنحنيات العزوم والسرعة لهذه الأنواع من المحركات.

التطبيقات العملية المناسبة : التحكم فى سرعة المحركات الثلاثية الطور عن طريق تغيير أو تعديل عدد الأقطاب مناسب جدا لمحركات القفص السنجابى بأى قدرات كهربائية ، حيث يمكن الحصول على سرعات متفاوتة وليست متدرجة مما يناسب تشغيل وحدات طلمبات تخزين المياه أو وحدات طلمبات ضخ وسحب المياه فى مواسم وظروف التشغيل المختلفة.



شكل رقم (١-٤) خصائص المحرك التأثيرى الثلاثى الطور عند تغيير عدد الأقطاب

١-٧-٣ تنظيم سرعة المحرك ميكانيكيا

طبقا للمعايير العالمية فإن تغيير سرعة المحرك ميكانيكيا عن طريق صناديق التروس المتعددة لا تستخدم عند السرعات المنخفضة بدءا من ١٠٠ لفه / دقيقة أو أقل – وكذلك لا تستخدم مع السرعات العالية أكثر من ٣٦٠٠ لفة / دقيقة.

لا يحبذ استخدام هذه الطريقة نظرا لمشاكل الصيانة الدائمة لها وزيادة الفقد فى الطاقة فى مجموعة التروس.

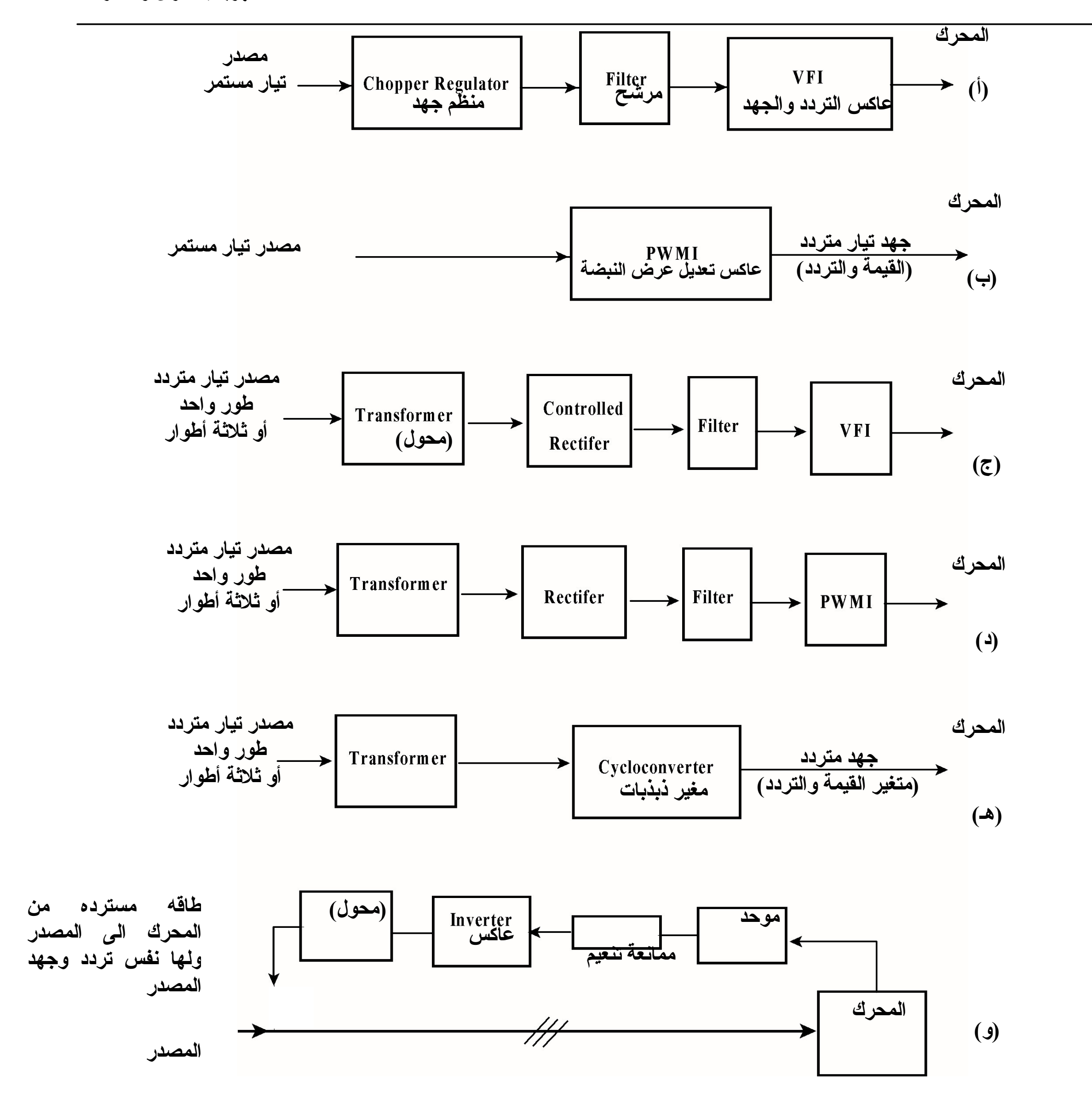
١-٧-٤ تنظيم سرعة محركات القفص السنجابى بأستخدام مغيرات السرعة الإلكترونية (Electronic Speed Drive Units)

النظم القياسية لوحدات مغيرات السرعة الإلكترونية.

يمكن توصيف معظم وحدات مغيرات السرعة الإلكترونية من ثلاثة أجزاء رئيسية هى :

١- المحرك الكهربي.
٢- العاكس الإلكترونى (Inverter).
نظام التحكم الإلكترونى الملحق مع الوحدة.

شكل رقم (١-٥) يوضح النظم الأساسية المتفق عليها لوحدات مغيرات السرعة الخاصة بالمحركات التأثيرية ثلاثية الطور ، ويلاحظ فى كل الأحوال أن جهد المحرك الكهربى يتم تغذيته فى نهاية الأمر بمصدر كهربى متغير التردد ومتغير الجهد لإمكان التحكم فى سرعة التشغيل المطلوبة.



شكل رقم (١-٥) النظم الأساسية لوحدات مغيرات السرعة للمحركات التأثيرية الثلاثية الطور

ويجب الأخذ فى الاعتبار أن وحدات مغيرات السرعة لمحركات التيار المتردد تمتاز عن نظيرتها من وحدات مغيرات السرعة لمحركات التيار المستمر بالآتى :

أ- أقل حجما ، أقل وزنا ولكنها أعلى تكلفة لنفس سعة القدرة الكهربية.

ب- أقل احتياجا لأعمال الصيانة من وحدات التيار المستمر.

ج- مناسب جدا للمحركات المغلقة تماما مثل تلك المستخدمة فى تشغيل وحدات الطلمبات.

د- مناسب جدا للظروف الصعبة فى تشغيل المحركات مثل ظروف تواجدها فى المياه والأتربة أو حتى الأجواء المناخية السيئة.

هـ- سعة القدرة الكهربية لوحدات التيار المتردد أكبر بكثير من نظيرتها لوحدات التيار المستمر ، وهذا مناسب جدا للتطبيقات الكهربية العملاقة.

جدول رقم (١-٨) يوضح بيان شامل لمدى سعة القدرة الكهربية لوحدات مغيرات السرعة ومدى سرعة التشغيل المقابلة والتى يمكن من خلالها اختيار المناسب منها لأحمال قد تصل إلى ٤٠ ميجاوات.

جدول رقم (١-٨) سعة القدرة الكهربية لوحدات مغيرات السرعة المختلفة

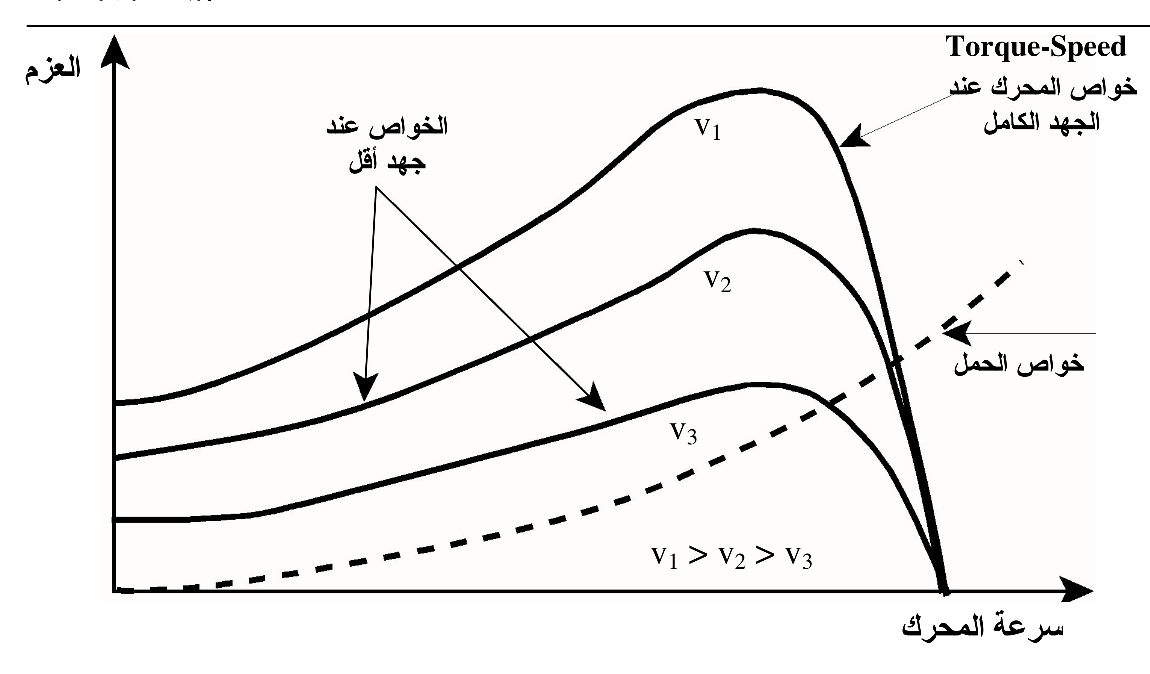
نوع وحدة مغيرات السرعة	سعة القدرة الكهربية حتى	مدى سرعة التشغيل
وحدة (SQIM)	٣ ميجاوات	حتى ٦٠٠٠ لفة / دقيقة
وحدة (WRIM)	٤٠ ميجاوات	حتى ١٠٠٠ لفة / دقيقة
	٣٥ ميجاوات	حتى ١٥٠٠ لفة / دقيقة
	٢٢ ميجاوات	حتى ٢٠٠٠ لفة / دقيقة
وحدة محرك تزامني	٤٠ ميجاوات	حتى ٤٠٠٠ لفة / دقيقة
	٢٥ ميجاوات	حتى ٥٥٠٠ لفة / دقيقة
	١٢ ميجاوات	حتى ٦٥٠٠ لفة / دقيقة

١-٧-٤-١ تنظيم سرعة المحركات بتغيير جهد التشغيل

(Speed Control by Voltage Variation)

هذه الطريقة محدودة الاستخدام للمحرك ذى القدرات الكهربية الصغيرة حتى حوالى ٧٥ حصان نظرا للمفاقيد الكبيرة وانخفاض كفاءة المحرك التى تنتج عن تخفيض الجهد وبالتالى تخفيض سرعة تشغيل الأحمال. من ناحية أخرى ، هذه الطريقة مناسبة جدا لبدء هادئ لمحركات القفص السنجابى الثلاثية الطور (SQIM) لتقليل قيمة التيار العالى المصاحب لعملية بدء تشغيل المحرك. وتغير الجهد يؤدى الى تغير السرعة فى نطاق ضيق وتناسب الطلمبات من نوع الطرد المركزى لأن التصرف يتناسب مع مكعب السرعة.

شكل رقم (١-٦) يوضح خواص المحرك السنجابى تحت تأثير تغيير جهد التشغيل.



شكل رقم (١-٦) خواص المحرك التأثيرى الثلاثى الطور تحت تأثير تغيير جهد التشغيل

١-٧-٤-٢ تنظيم السرعة عن طريق تغيير تردد جهد التشغيل
(Speed Control by Frequency Variation)

تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعا فى عمليات تنظيم سرعة محركات التيار المتردد إذ أنه بتغيير تردد التشغيل تتغير معه وبصورة مباشرة سرعة المحرك تبعا للعلاقة :

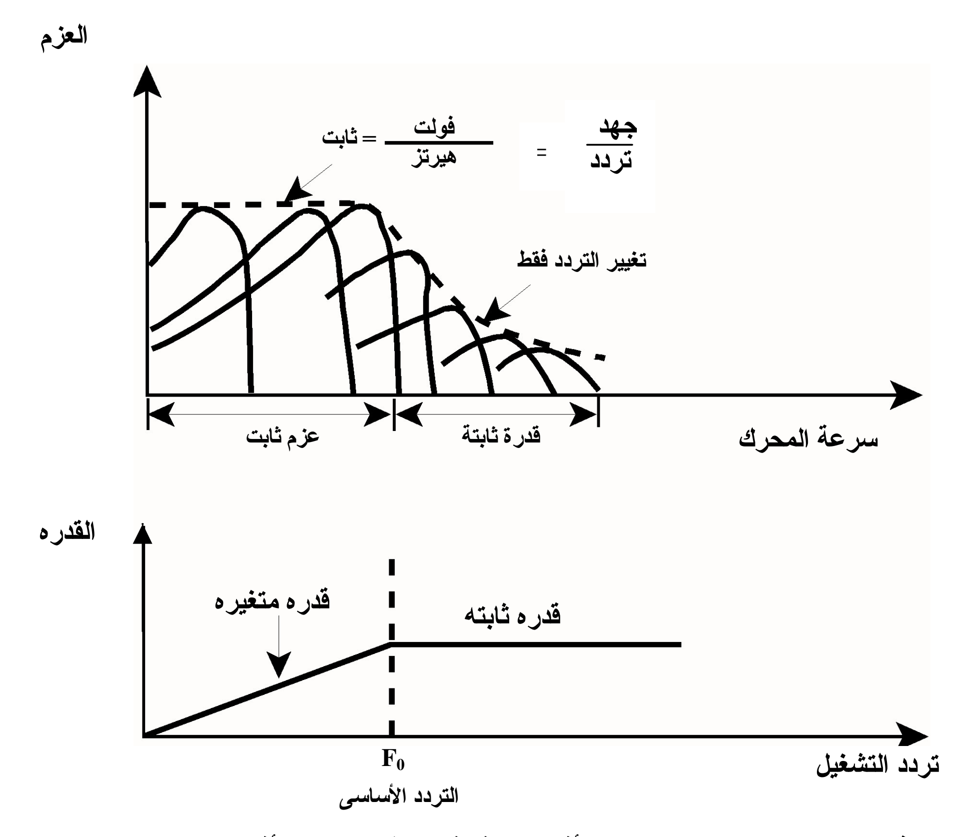
سرعة المحرك التزامنية = تردد التشغيل x ١٢٠ / عدد الأقطاب بالمحرك

ويجب مراعاة التأكيد على تغيير جهد التشغيل جنبا إلى جنب مع تغيير التردد وخاصة لسرعة تشغيل أقل من السرعة الأساسية للمحرك (Base Speed) تبعا للعلاقة :
جهد التشغيل / تردد التشغيل = مقدار ثابت
وذلك للحصول على عزم توليد ثابت من المحرك.
أما عند سرعات تشغيل أعلى من السرعة الأساسية فيمكن الاكتفاء فقط بتغيير التردد (زيادته) دون زيادة جهد التشغيل للحفاظ على مستوى عزل الملفات وعدم أرتفاع درجه حرارة المحرك عن الحد المسموح به.

شكل رقم (١-٧) يؤكد هذه المعايير الهامة لخواص تشغيل المحرك وتنظيم سرعته بوحدات تغيير التردد الإلكترونية.

ويؤكد الشكل أن المحرك الذى يعمل مثلا على جهد كهربى ٤٦٠ فولت بتردد قدرة ٦٠ هيرتز يمكن أن يؤدى نفس الأداء بالنسبة للحمل عند جهد كهربى قدرة ٣٨٠ فولت وتردد مقداره ٥٠ هيرتز حيث أن :

٣٨٠ / ٥٠ = ٤٦٠ / ٦٠ = مقدار ثابت



شكل رقم (١-٧) خواص المحرك التأثيرى الثلاثى الطور تحت تأثير تردد التشغيل

وعـند اختـيار وحـدات مغيـرات الســـــرعة ، يجـب أن تكـون محـتـــويات المــــركبات التوافقـية (Harmonic Components) علـى أطراف الخرج الكهربـى لهذه الوحدات أقل ما يمكن حيث أن هذه التوافقيات تؤثر سلبيا علـى أداء المحرك وعلـى جودة الشبكة الكهربية الرئيسية المغذية لوحدة مغيرات السرعة.

١-٧-٥ تنظيم سرعة محركات العضو الدائر الملفوف (WRIM)

محركات (WRIM) من أنسب المحركات لتشغيل الأحمال المتوسطة والعالية والتى تصل إلى حوالى ١٠ ميجاوات للمحرك الواحد ، أو فى بعض الحالات الخـــاصة قد تصل قـــدرة المحرك إلى حـــوالى ٨٠ ميجاوات للمحرك الواحد.

١-٧-٥-١ حدود قيم سرعة التشغيل والقدرة الكهربائية للمحركات

تتراوح قيم سرعة التشغيل للمحركات من ١٠ لفة / دقيقة للسرعات المنخفضة وحتى ٣٠٠٠ لفة / دقيقة للسرعات المعتادة.

أما السرعات العالية فتبدأ من ٦٠٠٠ لفة / دقيقة وحتى ١٢٠٠٠ لفة / دقيقة أو فى بعض الأحيان قد تصل إلى ١٨٠٠٠ لفة / دقيقة.

تتراوح قيم قدرة المحرك الكهربية العالية من حوإلـى ١ ميجاوات وحتى ١٠ ميجاوات ، وقد تصل فى بعض الحالات إلى ١٠٠ ميجاوات للمحرك الواحد وخاصة المحركات المتزامنه.

ويجب ملاحظة أن حدود القدرة الكهربية العليا للمحرك تتوقف أولا وأخيرا على الاحتياجات المطلوبة للتطبيق وليست على تكنولوجيا التصنيع (التى وصلت إلى درجة جيدة فى تصنيع مثل هذه المحركات).
يمكن الاستعانة بالقيم العملية الآتية كحد أقصى لحدود الاختيار :

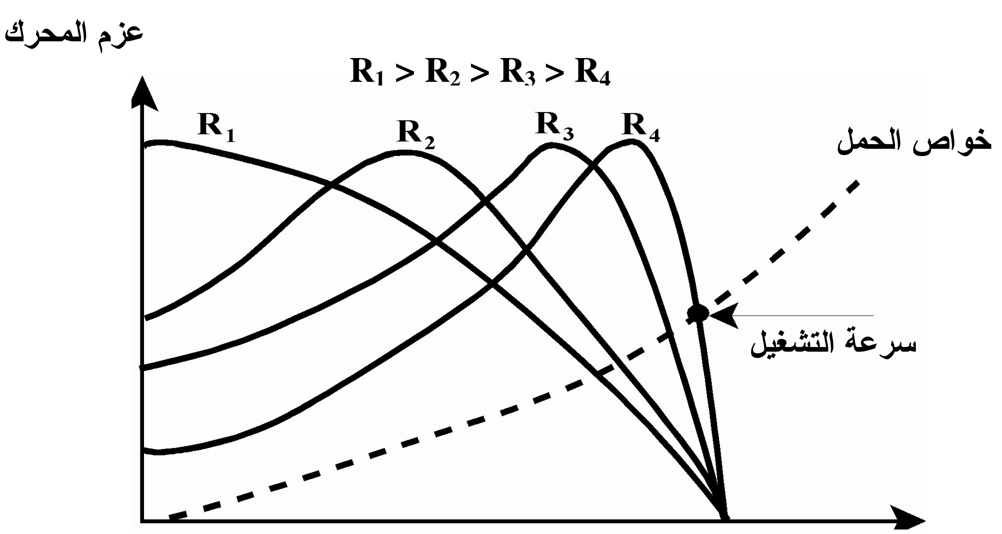
٨٠ ميجاوات / ٣٠٠٠ لفة / دقيقة
١٥ ميجاوات / ٦٠٠٠ لفة / دقيقة
٣ ميجاوات / ١٨٠٠٠ لفة / دقيقة

١-٧-٥-٢ تنظيم سرعة المحرك (WRIM) باستخدام مقاومة خارجية مع عضوه الدائر (Speed Control via Additional Rotor Resistance)

يمكن إضافة مقاومة خارجية إلى ملفات العضو الدائر عن طريق حلقات الانزلاق لتنظيم سرعة المحرك لأى قيمة قريبه وأقل من السرعة التزامنية.

شكل رقم (١-٨) يوضح خواص محرك (WRIM) عند قيم مختلفة من هذه المقاومات الإضافية. ويتضح من الشكل أنه يمكن اختيار المقاومة الخارجية لتناسب الحصول على أى سرعة تشغيل تتفق مع متطلبات ظروف التشغيل مع ملاحظة ما يلى :

١- لا يحبذ اختيار هذه الطريقة لتنظيم سرعة المحرك نظرا للمفاقيد الكبيرة وانخفاض كفاءة التشغيل عند استخدامها.
٢- هذه الطريقة سهلة وبسيطة ومناسبة جدا لعمليات البدء لتقليل قيمة التيار العالى أثناء بدء تشغيل المحرك وخاصة لأحمال التشغيل الضخمة والتى قد تستغرق وقتا طويلا نسبيا عند بدء تشغيلها مثل وحدات طلمبات المياه أو الطواحين الكبيرة.
٣- لا يمكن التحكم فى سرعة اللاحمل (No Load Speed) عند استخدام هذه الطريقة لأن تيار اللاحمل يكون صغيرا ولن يجدى تغيير قيم المقاومة الإضافية حينذاك.
٤- يمكن اختيار طريقة تغيير المقاومة الإضافية إما يدويا أو ميكانيكيا عن طريق محرك تحكم صغير، أوإلكترونيا باستخدام عناصر إلكترونيات القوى.



شكل رقم (١-٨) خواص محرك (WRIM) تحت تأثير المقاومات الإضافية لعضوه الدائر

١-٧-٥-٣ تنظيم سرعة المحركات (WRIM) عن طريق وحدات مغيرات السرعة الإلكترونية (Electronic Speed Drive Unit for WRIM)

كل أنـواع وحـدات مغيـرات السـرعة التـى تـم توضـيحها بشـكل (١-٥) يمكـن تطبـيقها مـع محـركات (WRIM). ولكـن يمـــكن تفضــــيل استخـــدام نظـام الـتحكم باسـترجــــاع الطــــاقـة الكهـربائية (Slip Energy Recovery) ، شكل (١-٥-و) للأسباب الأتيه:

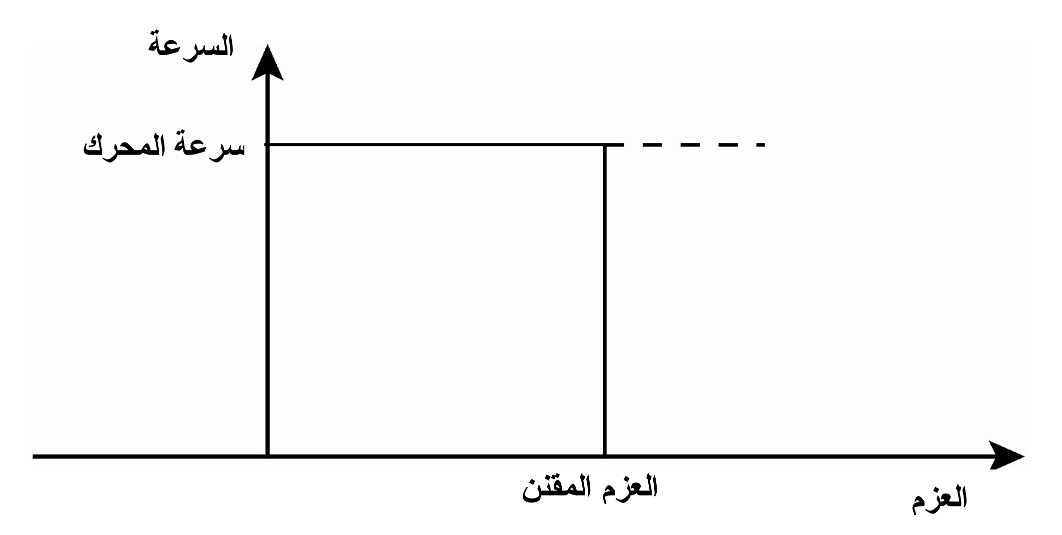
١- مناسـب لتشـغيل محـركات (WRIM) وخاصـة لتدويـر وحـدات الطلمـبات الضـخمة ، المكـابس ، الطواحين والمراوح لقدرات كهربائية عالية تصل إلى ٤٠ ميجاوات عند سرعة تشغيل حتى ٣٠٠٠ لفة / دقيقة.
٢- يسمح بتقليل الطاقة الكهربائية أثناء عمليات تنظيم السرعة إذ يمكن استرجاع جزء من الطاقة الكهربية تصل فى قيمتها إلى حوالى ٣٠ % من القدرة الكهربية الكلية لمحرك التشغيل ، ويجب أخذ ذلك جيدا فى الاعتبار عند المفاضلة بين أنواع مغيرات السرعة المطلوبة.
٣- تنظيم السرعة بهذا النوع من الوحدات محدود ، إذ يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ % من السرعة المقننة للمحرك.
٤- تنظيم السرعة بنظام استرجاع الطاقة فى اتجاه واحد فقط ولا يسمح بعكس حركة الدوران ، وهذا يناسب جدا عمليات تشغيل وتدوير وحدات الطلمبات ، المكابس ، المراوح.
٥- قدرة وحدة مغير السرعة لهذا النظام تصل إلى حوالى ٣٠ % فقط من قدرة المحرك الكهربى ، ويجب أخذ ذلك جيدا فى الاعتبار عند المفاضلة بين الأنواع المختلفة.

١-٧-٦ تنظيم سرعة المحركات التزامنية (Speed Control of Synchronous Motors)

تتصف هذه المحركات بسرعتها الثابتة مهما تغير حمل التشغيل عليها حتى حدود قيمة العزم المقنن (Rated Torque) ، وذلك تبعا للعلاقة :

سرعة المحرك = ١٢٠ X التردد / عدد الأقطاب

شكل رقم (١-٩) يوضح خواص التشغيل لهذا المحرك ، ولذلك نجد أنه مناسب جدا لأحمال التشغيل التى تحتاج إلى سرعة ثابتة مثل وحدات الطلمبات التى تعمل عند مناسيب مياه تكاد تكون ثابتة للحصول منها على أعلى كفاءة ممكنة.



شكل رقم (١-٩) خواص تشغيل المحرك التزامنى الموصل على الشبكة الكهربية

١-٧-٦-١ إستخدام وحدات مغيرات السرعة لتنظيم سرعة المحرك التزامنى
(Adjustable Speed Drives of Synchronous Motors)

١- المحرك التزامنى يعتبر من أحسن المحركات المناسبة لتشغيل الأحمال ذات القدرات الكبيرة و السرعات العالية ، إذ قد يصل فى قدرته إلى حوالى ١٠٠ ميجاوات / ٦٠٠٠ لفة فى الدقيقة للمحرك الواحد.

٢- هذه المحركات تعمل على وحدات مغيرات السرعة المختلفة مثل عاكس القدرة (Inverter) للقدرات العالية أو مغير الذبذبات (Cyclo-Converter) للقدرات المتوسطة و السرعات المنخفضة أنظر شكل رقم (١-٥) ، وهذا يناسب جدا إدارة الطواحين ، ماكينات الدرفلة ، وسحب المعادن ، لكنه ليس ضروريا أبدا بالنسبة لوحدات طلمبات المياه.

٣- معامل قدرة تشغيل هذا المحرك قد يصل إلى الوحدة (١) ، مما يوفر استخدام وحدات المكثفات الإضافية لتحسين معامل القدرة.

١-٧-٧ تنظيم السرعة باستخدام المعالجات الدقيقة
(Microprocessor Control of a.c Motors)

١- تنتشر حاليا وحدات مغيرات السرعة باستخدام المعالجات الدقيقة لتنظيم سرعة المحركات ، حيث يمكن من خلالها التحكم فى أداء المحرك وسرعته ليناسب أى غرض من أغراض التطبيقات العملية.

٢- يتم التحكم كاملا فى المحرك عن طريق المجال المغناطيسى الداخلى (قيمة واتجاها) وفصله تماما عن تيار عزم المحرك مما يمكن المعالج الدقيق (Microprocessor) من توجيه أداء المحرك لأى شكل تماما كما فى محركات التيار المستمر. يطلق على هذه التقنية التحكم عن طريق تنسيق المجال الداخلى بالمحرك أو ما يعرف بـ (Field Orientation Control Technique).

٣- هذا النوع مناسب جدا لحالات تنظيم السرعة على مدى واسع وفى كل الاتجاهات بعزم داخلى ثابت مما يجعله مناسبا لتطبيقات العزوم القوية مثل الروافع ، الأوناش ، والقطارات الكهربية.

٤- إذا أخذنا فى الاعتبار أن المحرك المستخدم يكون (SQIM) فإن هذه الوحدات قوية وتعمر طويلا ، ويمكن الوصول بسعتها الكهربائية إلى قدرات عالية ولأى سرعة تشغيل مطلوبة مع جدواها الاقتصادية المقبوله.

١-٧-٨ مشاكل استخدام وحدات مغيرات السرعة الإلكترونية

عند اختيار إحدى وحدات مغيرات السرعة فإنه يجب اعتبار الآثار الجانبية التى تؤثر سلبا على تشغيل المحرك أو على الشبكة الرئيسية للتغذية الكهربية.

أ- الإسهام فى توليد المركبات التوافقية (Harmonic Components) على أطراف دخل وخرج الوحدة مما يؤثر تماما على أداء المحرك وأداء الشبكة المغذية.

ب- تؤدى هذه التوافقيات إلى زيادة المفاقيد الكهربية بالمحرك مما نضطر معه إلى تخفيض القدرة الحقيقية للمحرك (Derating) بمقدار حوالى ١٠ %.

ج- التوافقيات المتولدة تنعكس على خطوط الشبكة الرئيسية وبالتالى على الأحمال المجاورة ، وبذلك يطالب مهندسو شبكات التوزيع بضرورة تقليل أو إلغاء هذه التوافقيات وآثارها السلبية على الشبكة.

١-٧-٩ معايير إختيار وحدات مغيرات السرعة

أ- دراسة ظروف الشبكة الرئيسية للتغذية من حيث القيم المسموح بها للتوافقيات (Harmonic) وكذلك لمعامل القدرة (Power Factor) والقيود أو الغرامات المفروضة لتعدى هذه الحدود.

ب- ظروف التشغيل من حيث درجة الحرارة المحيطة ، الرطوبة أو المياه ، المناخ والأتربة ، الخطورة وعوامل الأمان.

ج- خواص الحمل المطلوب تشغيله من حيث مدى تغير السرعة أو العزم المطلوب ، زمن بدء التشغيل ، اتجاه الدوران ، وحالات زيادة الحمل.
د- التكلفة الكلية وتتضمن ثمن الوحدة بالمحرك ، الكفاءة الكلية للتشغيل ، تكاليف الطاقة المفقودة ، وكذلك معدل الأعطال والوثوقيه (Reliability).

وعلى ضوء ذلك يمكن إقرار الأنواع المناسبة الآتية :

١- محركات القفص السنجابى (SCIM)
من أفضل الاختيارات وخاصة للأحمال الصغيرة والمتوسطة والتى تحتاج تقريبا إلى سرعة ثابتة مثل وحدات الطلمبات التى تعمل على مناسيب مياه ثابتة.

٢- وحدة مغيرات السرعة من نوع (PWM and SCIM)
من أفضل الخيارات للأحمال المتوسطة التى تتطلب أن تكون سرعة الدوران في اتجاه واحد مثل المراوح ووحدات الطلمبات التى تعمل على مناسيب مياه وظروف تشغيل متفاوتة.

٣- محرك العضو الدائر الملفوف (WRIM)
من أفضل الاختيارات للأحمال العالية (من ١ ميجاوات فأكثر) والتى تحتاج تقريبا إلى سرعة ثابتة مثل مراوح السحب أو الطرد الكبيرة ، وكذلك وحدات الطلمبات التى تعمل على مناسيب مياه تكاد تكون ثابتة.

٤- وحدة مغيرات السرعة من نوع (Slip Energy Recovery System)
تعتبر من أنسب الاختيارات للأحمال العاليه (١ : ٢٥ ميجاوات) والتى تحتاج إلى تنظيم سرعتها فى اتجاه واحد فقط فى حدود (٢٠% إلى ٣٠%) من سرعتها المقننة.
ويمكن التأكد من الجدوى الاقتصادية لهذا النوع إذا تأكد أن الوفر السنوى فى طاقة الإرجاع والطاقة المفقودة يزيد عن التكلفة السنوية لوحدة تغيير السرعة الإلكترونية.

١-٨ تشغيل وصيانة المحركات

١-٨-١ التخزين
عند وصول المحرك لموقع التخزين يتم فحصه ظاهريا للتأكد من عدم تعرضه لأى تلف أثناء الشحن من المصنع حتى موقع التخزين.

١-٨-١-١ موقع التخزين
أ- إذا كان التخزين لمدة أقل من عام فإنه يمكن التخزين خارج المبانى ويلزم تغطية المحرك بنسيج سميك يصل حتى منسوب الأرضية بحيث لا يكون الغطاء محكما حول المحرك للسماح بحرية مرور الهواء.
ب- فى حالة التخزين لمدة أكثر من عام، يلزم أن يتم التخزين داخل المبانى (مخزن مغطي) وجيد التهوية.

١-٨-١-٢ الإجراءات أثناء التخزين
يراعى أثناء فترة التخزين إجراء الاحتياطات الآتية دوريا :
أ- لف عمود المحرك للتأكد أن الزيت أو الشحم يغطى أسطح التحميل.
ب- قياس قوة عزل ملفات المحرك بالميجر.
ج- الفحص الظاهرى لملاحظة أى صدأ أو تجمع للأتربة.

١-٨-١-٣ التخزين لمدة أكثر من عامين (للمحركات الكبيرة)

إذا كان من المتوقع زيادة مدة التخزين عن عامين فإنه يلزم أن يراعى عند شحن المحرك من المصنع تغطية الكراسى وعمود المحرك فى الأجزاء الملامسة لكراسى التحميل بمادة مضادة للتآكل وقبل إعداد المحرك للتشغيل يتم التخلص من هذه المادة.

١-٨-١-٤ التخزين لمدة أكثر من خمسة أعوام (للمحركات الاحتياطية)

يلزم قبل التشغيل أن يتم فك جميع أجزاء المحرك لفحصه وتنظيفه بالكامل والتأكد أن عزل ملفاته لا يقل عن ١ ميجا أوم ($1\ M\ \Omega$) لكل كيلو فولت من جهد التشغيل.

تعليمات عامة

أ- بالنسبة للمحركات التى يستخدم فيها فرش كربونية يلزم رفع الفرش لمنع حدوث تأكل جلفاني.
ب- عند استخدام ملفات احتياطية للمحركات والمواد العازلة اللازمة لإصلاحها يلزم استخدام الأشرطة العازلة والورنيش العازل خلال ستة شهور من تاريخ ورودها ويمكن زيادة هذه الفترة إلى إثنى عشر شهراً إذا تم حفظ هذه المواد فى درجة حرارة ١٠ درجة مئوية.

١-٨-٢ التركيب

١-٨-٢-١ القاعدة الخرسانية

يتم تركيب المحرك والمعدة التى يديرها على قاعدة خرسانية ذات حجم مناسب بحيث تحد من حدوث الاهتزازات الشديدة أثناء التشغيل وتلافى أى التواء أو هبوط للقاعدة.

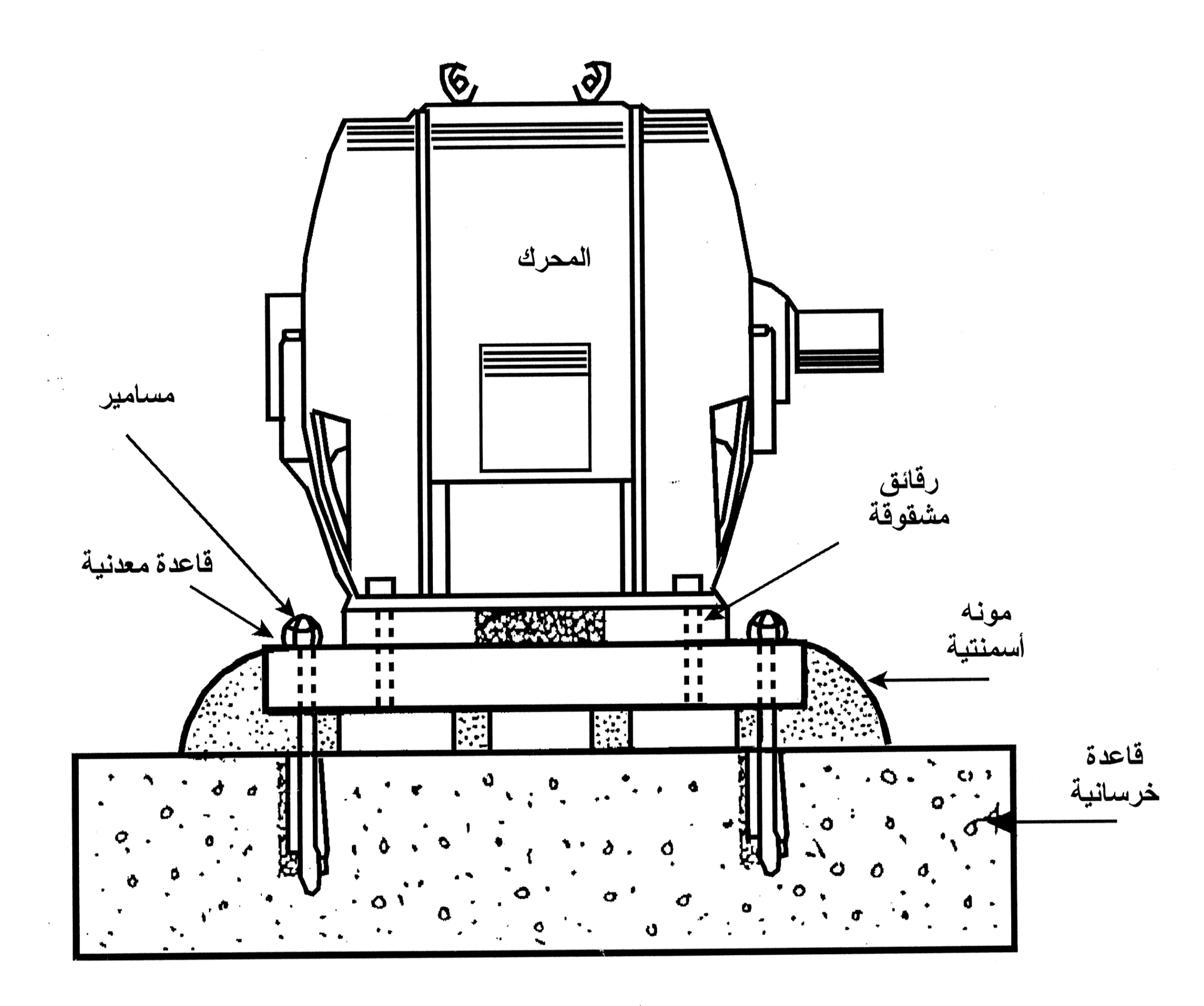
ويراعى أن يكون طول وعرض القاعدة الخرسانية أكثر من مقاسات قاعدة المحرك بحوالى ١٥ سم كما يكون السطح العلوى للقاعدة الخرسانية مرتفعا عن الأرضية المجاورة بحوالى ٢٠ سم ويلزم أن يكون عمق القاعدة الخرسانية كافيا لكى تصل إلى تربة ثابتة.
وبالنسبة للفتحات التى توضع بداخلها مسامير التثبيت يفضل عمل فرم خشبية لها داخل القاعدة الخرسانية.

١-٨-٢-٢ تركيب المحرك

يتم وضع المحرك على قاعدة معدنية مشتركة مع المعدة التى يديرها ثم يتم تركيبها على القاعدة الخرسانية وإجراء المحاذاة التى تطابق محور عمود المحرك مع محور المعدة التى يديرها ويتم بعد ذلك الحقن بالأسمنت تحت القاعدة المعدنية وحولها ، ويستخدم فى ذلك مونه أسمنتية مخلوطة بأقل كمية من المياه ويراعى نظافة السطح العلوى للقاعدة الخرسانية لضمان الحصول على تماسك جيد مع تحاشى حدوث شروخ فى المستقبل.

ويتم أيضا ملئ الفراغ حول مسامير التثبيت بنفس المونة الأسمنتية، ويراعى عدم إحكام ربط هذه المسامير إلا بعد عدة أيام حتى تكون المونة الأسمنتية قد اكتسبت القوة اللازمة والشكل رقم (١-١٠) يبين تركيب المحرك على القاعدة الخرسانية.

وللضبط النهائى للمحاذاة تستخدم رقائق ضبط مشقوقة بسمك حوالى ١,٥ أو ٢ مم توضع حول كل مسمار تثبيت ويراعى عند وضع أو إخراج هذه الرقائق رفع جسم المحرك مع الحرص على عدم المساس بكراسى التحميل حتى لا تتأثر الثغرة الهوائية للمحرك.

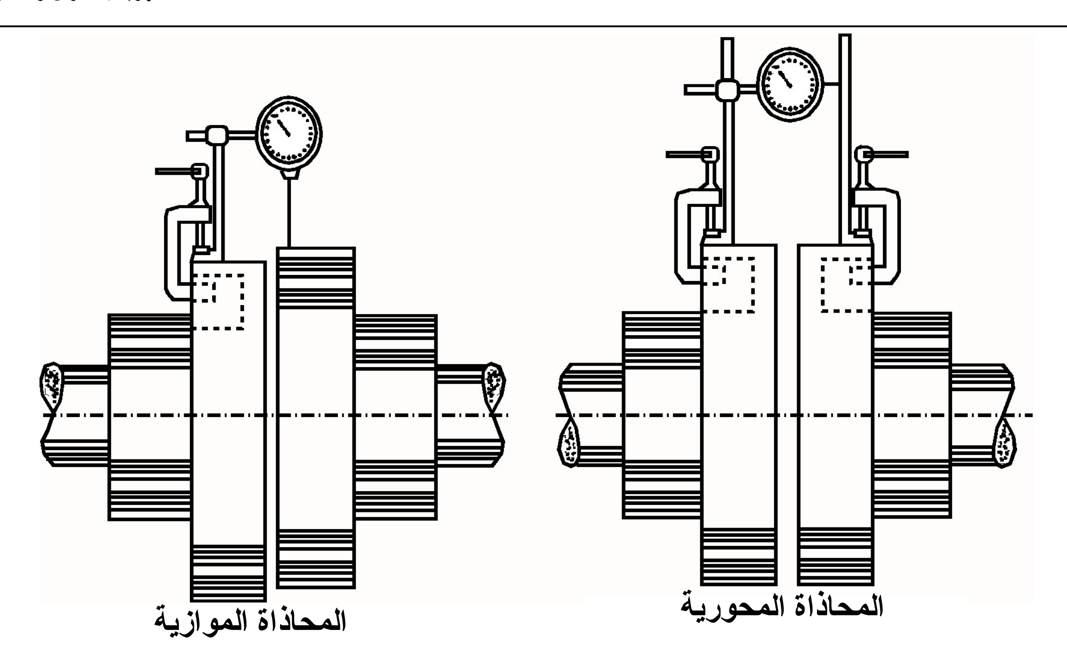


شكل رقم (١-١٠) تركيب المحرك

١-٨-٢-٣ محاذاة وصلة الربط Coupling

يفضل استخدام مبين بقرص مدرج عند إجراء ضبط المحاذاة المحورية والمحاذاة الموازية لوصلة الربط ويراعى أخذ القراءات عند أربعة مواقع (فوق وتحت وعند كل جانب) والحد الأقصى المسموح به فى الاختلاف بين هذه القراءات هو ٠,٠٥ مم.

ويؤدى الجهد المبذول للحصول على محاذاة دقيقة إلى ضمان استقرار التشغيل وإطالة عمر المحرك ووصلة الربط. وشكل رقم (١-١١) يبين كيفية محاذاة وصلة الربط.



شكل رقم (١-١١) محاذاة المحرك مع المعدة المراد تدويرها

١-٨-٣ التوصيل

قبل توصيل المحرك لمصدر التغذية تتم الإجراءات التالية:

أ- حالة الملفات

١- يتم فحص الملفات ظاهريا بدقة مع التخلص من أى أتربة.

٢- تقاس قوة عزل الملفات بميجر وبالنسبة للمحركات التى تعمل بجهد ٣٨٠ فولت يستخدم ميجر ٥٠٠ فولت أما المحركات التى تعمل على جهد عالى فيفضل استخدام ميجر ٢٥٠٠ فولت. وإذا وجدت قوة العزل ضعيفة فإن ذلك يشير إلى تسرب الرطوبة لعزل الملفات.

٣- للتأكد من حالة ملفات المحركات التى تعمل على جهد أكبر من ٦ ك.ف يفضل قياس معامل الاستقطاب وذلك بقياس قوة العزل بعد دقيقة ثم قياسها بعد استمرار جهد الاختبار لمدة ١٠ دقائق ويكون :

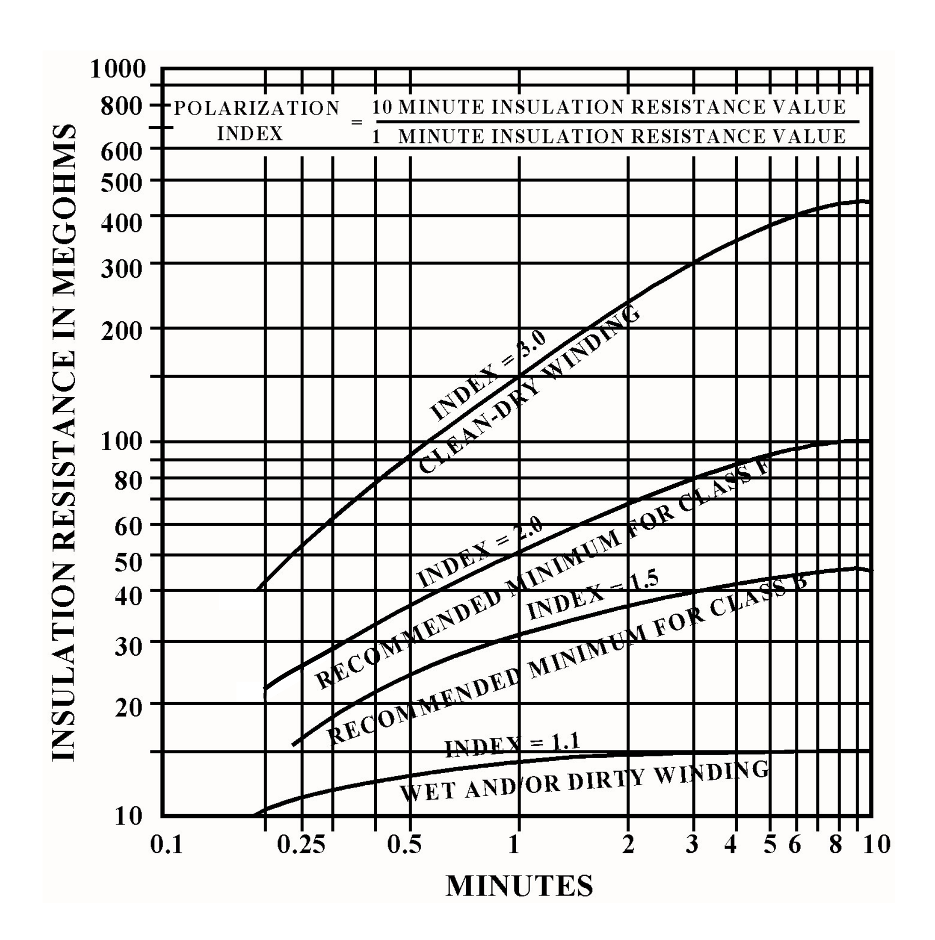
$$\text{معامل الاستقطاب} = \frac{\text{قوة العزل بعد ١٠ دقائق}}{\text{قوة العزل بعد دقيقة واحدة}}$$

وشكل رقم (١-١٢) يبين التغير فى معامل الاستقطاب.

٤- إذا وجد معامل الاستقطاب أقل من ١,٥ بالنسبة للمحركات المعزولة بعزل Class B أو أقل من ٢ بالنسبة للعزل Class F فإنه يلزم تجفيف الملفات باستخدام إحدى الوسائل التالية لتوفير الحرارة اللازمة للتجفيف.

- استخدام مروحة نفخ بالهواء الساخن مع تغطية المحرك بحيث يسمح بمرور الهواء أثناء التجفيف.
- تمرير تيار بالملفات باستخدام مصدر جهد متغير فى حدود من ٧ إلى ١٠ % من جهد تشغيل المحرك.

ويلاحظ أنـه عند بدء التسخين تنخفض قوة العزل ثم ترتفع بعد ذلك حتى تصل إلى قوة ثابتة عندما يتم جفاف الملفات.



شكل رقم (١-١٢) معامل الاستقطاب

ب- جهد مصدر التغذية

يلزم التأكد أن جهد مصدر التغذية لا يتغير إلا فى حدود ± ١٠ % من جهد تشغيل المحرك.
ويتم توصيل كابل التغذية لأطراف المحرك داخل علبة التوصيل بحيث يتم دوران المحرك فى الاتجاه الصحيح الذى يناسب المعدة التى يديرها.

١-٨-٤ التشغيل مع المعدة

١- قبل توصيل المحرك مع المعدة التى يديرها تتم تغذية المحرك بمفرده بدون حمل للتأكد من دورانه فى الاتجاه الصحيح.
٢- بعد ذلك يدار المحرك وهو محمل وتتم مراقبة حالته من حيث الاهتزازات والصوت وحالة كراسى التحميل ودرجة حرارة المحرك وملفاته واتزان التيار بالأطوار الثلاثة.
٣- إذا لوحظ زيادة الاهتزازات بالمحرك تستخدم أجهزة مناسبة لقياس الذبذبات لتحديد سبب الاهتزازات وعلاج الحالة.

٤- بالنسبة للمحركات التى تدير طلمبات يوضح الجدول رقم (١-٩) العزم عند بدء الحركة للأنواع المختلفة من الطلمبات ويتوقف هذا العزم على تصميم الطلمبات.

جدول رقم (١-٩)

نوع الطلمبة	النسبة المئوية بين عزم الطلمبة وعزم الحمل الكامل للمحرك	
	الطرد مغلق	**الطرد مفتوح**
طاردة مركزية	٥٠ ـ ٧٠	١٠٠
انسياب مختلط	٨٠ ـ ١٢٥	١٠٠
محورية	١٧٥ ـ ٢٥٠	١٠٠

ونظرا لارتفاع العزم عند بدء حركة الطلمبات المحورية فإنه يفضل عند بدء حركة هذه الطلمبات أن يكون الطرد مفتوحا.

٥- يتوقف عمر المحرك على عدد مرات بدء الحركة وعندما يكون المحرك باردا من الممكن إجراء عمليتى بدء حركة متتاليتين على أساس أن يصل المحرك إلى حالة السكون قبل بدء الحركة الثانية.
أما فى حالة ارتفاع درجة حرارة المحرك إلى درجة حرارة التشغيل عند الحمل الكامل فإنه يسمح بإجراء عملية بدء حركة واحدة فقط.

وفى حالة الحاجة إلى إجراء عمليات بدء حركة إضافية فإنه يجب التحقق قبل إجرائها من جميع ظروف التشغيل والتأكد من عدم تعرض المحرك للارتفاع الزائد فى درجة حرارته.

٦- بدء الحركة للمحركات التزامنية : يتوقف العدد المسموح به لعمليات بدء حركة المحركات التزامنية على الارتفاع فى درجة حرارة ملفات عضو الاستنتاج والملفات الخامدة ومقاومة تفريغ المجال وتعتبر الملفات الخامدة العامل الرئيسى الذى يحدد عدد مرات بدء الحركة.

ويمكن تكرار بدء الإدارة على فترات متقاربة للمحركات ذات السرعة المنخفضة والتى تبدأ الحركة بدون حمل ، أما المحركات ذات السرعة الكبيرة فإن تكرار بدء حركتها يكون محددا بضرورة السماح للمحرك بأن تنخفض درجة حرارته إلى درجة الهواء المحيط إلا إذا كان المحرك مصمما لتكرار بدء إدارته.

١-٨-٥ الصيانة

١-٨-٥-١ سجلات الصيانة

الصيانة الدورية للمحركات هى السبيل لمنع تعرضها للتعطل ، ولضمان انتظام إجراء هذه الصيانة يفضل الاحتفاظ بالسجلات التالية بالنسبة لكل محرك تزيد قدرته عن ١٠٠ حصان.

أ- سجل بيانات

توضح به جميع بيانات لوحة المحرك وموقع تركيبه ومقاسات كراسى التحميل والفرش الكربونية وأنواعها ثم يضاف إلى هذا السجل بيان كل إجراءات الصيانة والإصلاح التى تجرى على المحرك.

ب- سجل تفتيش

ويتم به تسجيل القراءات الدورية للثغرة الهوائية وقوة عزل الملفات والتيار بالأطوار الثلاثة.

١-٨-٥-٢ أعمال الصيانة

أ- أسبوعيا

يتم التأكد أن الاهتزازات والصوت فى الحدود العادية للمحرك مع ملاحظة عدم ارتفاع درجة حرارة المحرك أو كراسى التحميل وعدم تسرب زيت أو شحم من كراسى التحميل لملفات المحرك.

ب- كل ثلاثة شهور

يتم تربيط توصيلات الكابلات وتوصيلات الفرش الكربونية ونظافة المحرك والملفات بنفخها بالهواء والتأكد من منسوب زيت كراسى التحميل وبالنسبة لكراسى البلى يتم إعادة تشحيمها طبقا للمواعيد بالجدول التالى رقم (١-١٠).

جدول رقم (١-١٠)

سرعة المحرك دورة فى الدقيقة	العدد التقريبى لساعات التشغيل	
	التشغيل العادي	التشغيل الشاق
أقل من ١٠٠٠	٦٠٠٠ ــ ٨٠٠٠	٣٠٠٠ ــ ٤٠٠٠
١٥٠٠	٣٠٠٠ ــ ٤٠٠٠	١٤٠٠ ــ ٢٠٠٠
٣٠٠٠	١٥٠٠ - ٢٠٠٠	٧٥٠ ــ ١٠٠٠

ج- سنويا

١- قياس الثغرة ومقارنتها بالقراءات السابقة وإذا زاد الاختلاف عن ٥ % يتم فحص سطح العضو الدائر.
٢- قياس قوة العزل بالميجر وفحص الملفات وخاصة عند مكان خروجها من القلب الحديدي.
٣- نظافة ممرات الهواء بالقلب الحديدى ونظافة الملفات.

١-٩ المولدات الكهربائية وملحقاتها

١-٩-١ عام (General)

المولدات الكهربائية وملحقاتها وكذلك التوصيلات المساعدة لها يجب أن تخضع للاحتياطات والمعايير المطبقة فى البنود الخاصة بـ :

أ- الخدمات (Service) طبقا لكود أعمال الكهرباء الخاص بوزارة الإسكان.

ب- التأريض طبقا لبند (١-٧) من هذا الكود.
ج- أنظمة الطوارئ (Emergency System) طبقا لبند (١-٦) من هذا الكود.

١-٩-٢ الموقع (Location)

يتم اختيار المولدات بحيث تكون مناسبة لموقع التشغيل ، ويجب الوفاء بكل عوامل الأمان للمواقع التى يتم توصيفها بمواقع خطرة (Hazardous Locations).

يجب أيضا أن يفى موقع المولدات بمتطلبات المحركات الكهربائية فى نفس الموقع. ويراعى فى تركيب المولدات بموقع التشغيل المعايير اللازمة طبقا للمواصفات العالمية (IEC).

١-٩-٣ الماركة أو العلامة التجارية (Marking)

يجب وضع لوحة بيانات على كل مولد مبينا عليها أسم الصانع والتردد المقنن ومعامل القدرة وعدد الأطوار فى حالة التيار المتردد ، القدرة بالكيلووات أو الكيلو فولت أمبير ، قيمة الفولت والأمبير المقابل للقدرة ، سرعة الدوران المقننة فى الدقيقة ، نظام ودرجة العزل ، درجة الحرارة المحيطة أو معدل ارتفاع درجة الحرارة وزمن التشغيل المقنن.

١-٩-٤ الحماية ضد زيادة التيار (Over Current Protection)

١-٩-٤-١ مولدات الجهد الثابت (Constant-Voltage Generator)

مولدات الجهد الثابت يجب حمايتها من زيادة تيار الحمل بواسطة التصميم الأساسى الجيد وتركيب قواطع تيار، مصهرات أو أى وسائل حماية مناسبة لزيادة التيار وطبقا لظروف الاستخدام ، كما هو منصوص عليه فى بند (١-٣) من هذا الكود.

١-٩-٥ سعة الموصلات (Current capacity of Conductors)

يتم حساب سعة الموصلات من أطراف المولد لأول جهاز زيادة الحمل (زيادة التيار) بحيث ألا يقل عن ١١٥ % من التيار المقنن بلوحة البيانات على المولد.
ويمكن السماح لمقطع موصل التعادل يتحمل تيار خطأ الأرضي.

استثناء (١) :

عندما يكون تصميم وتشغيل المولد بحيث يمنع حدوث زيادة الحمل فإن سعة الموصلات يجب ألا تقل عن ١٠٠% من التيار المقنن الموجود على لوحة لبيانات.

١-٩-٦ وقاية الأجزاء الحية (Protection of Live Parts)

الأجزاء الحية من المولد التى تعمل بأكثر من ٥٠ فولت يجب ألا تتعرض للتلامس الخطر أو الوصول إليها بواسطة أشخاص غير مؤهلين.

١-٩-٧ حماية الأشخاص (Guards for Attendants)

جميع الأجزاء الحية للمولد وعناصر التحكم والتى تعمل على جهد أكثر من ١٥٠ فولت يجب عزلها لتحول بينها وبين حدوث أى أخطار كهربائية مفاجئة للأشخاص المجاورين ويتم ذلك بتركيب المولد داخل غرف خاصة أو خلف حواجز عازلة (فاصلة).

فى حالة ضرورة تواجد أشخاص غير مؤهلين فى منطقة التشغيل يجب تزويد أرضيات منطقة التشغيل بطبقة عازلة لدواعى الحماية اللازمة لهؤلاء الأشخاص.

١-٩-٨ النهايات المعزولة (Bushings)

حيثما تمر الموصلات من فتحة فى غلاف أنبوبى ، صندوق توصيل ، حاجز ، يجب استخدام نهايات عازلة لحماية الموصلات من أطرافها (نهاياتها) فى الفتحات ذات الأطراف الحادة ويجب أن تكون هذه النهايات ناعمة وملفوفة جيدا على الأسطح التى ربما تتصل مباشرة بالموصلات ، وإذا استخدمت فى الزيوت أو الشحومات أو أية مواد عضوية أخرى موجودة فيجب عمل هذه النهايات من مادة غير ضارة بالصحة.

١-٩-٩ علامات الأطراف (Terminal Marking)

بند (١-٤) من هذا الكود يوضح علامات الأطراف المعيارية لكل من آلات التيار المستمر وآلات التيار المتردد الكهربائية.

الباب الثانى
المحولات الكهربائية وملحقاتها

٢-١ المجال (Field and Range of Applications)

تشتمل البنود المذكورة فى هذا الجزء على الحد الأدنى من المتطلبات الإلزامية والمواصفات العالمية التى يجب توافرها فى المحولات الكهربائية وملحقاتها بجميع أنواعها المختلفة فيما عدا المحولات الصغيرة الآتية :

١- محولات عزل الدوائر (Isolating Transformers)
٢- محولات الأمان (Safety Transformers)
٣- محولات لمبات الإشارة (Signal Lamp Transformers)
٤- محولات المعدات الطبية وعيادات الأسنان
(Transformers for Medical and Dental Equipment)
٥- محولات تسخين الأغطية (Transformers for Electric Blankets)
٦- محولات لعب الأطفال (Toys Transformers)
٧- محولات الموحدات (Rectifiers Transformers)
٨- محولات أجهزة القياس (Instrument Transformers)
٩- محولات معدات اللحام (Welding Transformers)
١٠- محولات الاختبارات المعملية (Test Transformers)

فى حالة تعذر الحصول على المواصفات الخاصة لهذه المحولات فإنه يمكن الاستعانة بجزء من أو كل المتطلبات والمواصفات المذكورة فى هذا الفصل.

أى اختلاف عن هذا الحد الأدنى من المتطلبات الإلزامية والمواصفات العالمية المنصوص عليها هنا يجب توضيحها كتابة من قبل المؤسسات الموردة لتقرير ملاءمتها للغرض المطلوب من عدمه.

٢-٢ أنواع المحولات (Types of Transformers)

طبقا لنظم التصميم والمواصفات العالمية والمواصفات الدولية (IEC, VDE, B.S, NEC) فإن الأنواع المفضلة لمحولات القوى ومحولات التوزيع هى :

أ- المحولات المغمورة فى زيت معدنى عازل (Oil Immersed Transformers)

وفيها يكون القلب المغناطيسى للمحول وملفاته مغمورا كاملا فى زيت معدنى عازل. ويفضل استخدام هذا النوع من المحولات فى حالة توافر المعايير والقواعد الأساسية ضد حدوث الحرائق بطريقة عملية واقتصادية.

ب- المحولات المغمورة فى مائع صناعى عازل غير قابل للاشتعال
(Nonflammable Fluid-Insulated Transformers)

وفيها يكون القلب المغناطيسى للمحول وملفاته مغمورا كاملا فى مائع صناعى عازل (Askarel) وهذا المائع ليس له لون وغير قابل للاشتعال ، وكذلك غير قابل للانفجار ، ولايجوز استعمال أى (Askarel) يحتوى على (Polychlorinated Biphenyl) فى الوقت الحالى حفاظا على البيئة.

ويمتاز هذا العازل بخواصه الكهربائية العالية ، فضلا عن أنه أكثر استقرارا كيمائيا وأقوى تحملا وأطول عمرا وبالتالى فإنه أقل تكلفة لعمليات الصيانة المعتادة فى المحول.

ويجب ملاحظة أن عازل ألـ (Askarel) يتأثر بالشرارة الكهربائية فى الوسط المحيط مولدا بعض الرواسب الكربونية وغاز حمضى من الهيدروليك الجاف ولا يؤثر ذلك على الأجزاء المعدنية أو الكهربائية بالمحول طالما ظل هذا الحامض جافا بعيدا عن الرطوبة.

ولأسباب كيميائية لا يجوز خلط عازل ألـ (Askarel) مع أى زيت معدنى عازل ، وعليه فلا يصح أن يعاد ملء أى محول بزيت معدنى آخر مع عازل ألـ (Askarel) ، ويسرى ذلك بالطبع على العكس أيضا. وحاليا محظور استعمال المحولات المغمورة فى مادة ألـ (Askarel) نتيجة للتلوث الناتج عنها.

ج- محولات مغمورة فى مائع عازل ذو درجة اشتعال عالية
(Less flammable Fluid-Insulated Transformers)

محولات التوزيع ومحولات القوى قد تستخدم نوعا آخر من الموائع العازلة ذا درجة حرارة اشتعال عالية ، وفى هذه الحالة يجب مراعاة أن المائع العازل المستخدم يكون من ضمن القائمة التى تخضع للمواصفات القياسية العالمية.

ويجب التأكد من أن درجة حرارة اشتعال المائع العازل المستخدم لا تقل عن ٣٠٠ درجة مئوية ، وفى كل الأحوال يجب أن يرفق مع بيانات المحول ما يثبت ذلك وأن المائع العازل المستخدم يتمشى مع المواصفات القياسية العالمية والتى أقرتها هذه المؤسسات المحايدة. وعند تركيب هذه المحولات يجب مراعاة الشروط والمعايير المنصوص عليها فى البند رقم (٢-١٣) من هذا الكود.

د- محولات معزولة من النوع الجاف (Dry Type Transformers)

هذه المحولات ليس بها أية موائع للعزل أو أية سوائل للتبريد ، وتتقسم إلى نوعين طبقا لدرجة عزل ملفاتها وهما :

المحول الجاف المعزول بالورنيش

المحول الجاف المعزول بالسيليكون

ويفضل استخدام هذا النوع من المحولات فى حالات دواعى الأمان الخاصة. ويمتاز بحاجته إلى حيز أقل من المحولات الأخرى لنفس سعة قدرة التركيب الكهربائية المطلوبة ، كما أن المعزول منه بالسيليكون يعتبر من المحولات الغير قابلة للاشتعال ويمكن استخدامه فى التركيبات والمنشآت المعرضة لأخطار الحريق.

هـ- محولات معزولة من النوع المحكم غلقه تماما
(Cast Resin Encapsulated Transformers)

فى هذا النوع من المحولات تستخدم مواد عازلة صناعية (Resin) لعزل الملف وإحكام تغليفها تماما بهذه المادة (Encapsulated) ، وعليه فإن هذه الأنواع من المحولات غير قابلة للاشتعال وقد يرجح استخدامها إذا تطلب الأمر كبديل للمحولات المنغمسة فى عازل ألـ (Askarel) أو العازل الأقل درجة اشتعال فى التركيبات والمنشآت المعرضة لأخطار الحريق أو فى منشآت الخدمات العامة أو فى المناطق السكانية (أنظر بند ٢-١٣ من هذا الكود للوقوف على معايير وتوصيف تركيب المحولات).

٢-٣ طرق التبريد المفضلة (Cooling Methods)

يراعى فى جميع المحولات المطلوبة التعريف الواضح و الدقيق لطريقة التبريد المناسبة تبعا لظروف تشغيل وتحميل كل محول.

تنحصر طرق التبريد فى نوعين رئيسيين هما :

أ- طريقة التبريد الذاتى : (Self Cooling Method)

وهى الأساس فى محولات توزيع القدرة الكهربائية حيث تنتقل الحرارة المتولدة بالمحول عن طريق الإشعاع الذاتى إلى الهواء الطبيعى فى الوسط المحيط.

ب- طريقة التبريد بالهواء القسرى (Forced Air Cooling Method)

وفيها يتم دفع الهواء وتمريره بمراوح خاصة حول المحول للمساعدة فى امتصاص الحرارة الناتجة أثناء التشغيل ، ويجب مراعاة عدم إجراء أى تعديلات ا و إضافات لنظام المراوح حفاظا على كفاءة التشغيل الأساسية لها عند التصميم.

وقد يتطلب الأمر استخدام تبريد آخر بالزيت القسرى المباشر(forced directed oil) لتبريد ملفات المحول الداخلية بجانب التبريد بالهواء.

ويراعى عند إقرار طريقة التبريد المناسبة للمحولات المطلوبة الاستعانة بالمعايير والمواصفات القياسية والدولية (IEC, VDE, NEC, etc) التى توضح المصطلحات و الرموز المتفق عليها عالميا لبيان وتوضيح أساليب تبريد المحول كما هو مدرج فى الجداول الآتية :

جدول(٢-١) الرموز والمصطلحات الخاصة بطرق التبريد

الرمز العالمى المقابل	نوع وسط التبريد
O	زيت معدنى أو موائع مكافئه صناعية عازلة (قابله للاشتعال) (Mineral oil or equivalent flammable synthetic liquid)
L	مائع صناعى عازل غير قابل للاشتعال (Non-Flammable synthetic Insulating)
G	(GAS)
W	ماء (Water)
A	هواء (Air)
الرمز العالمى المقابل	**أسلوب التبريد**
N	طبيعي(Natural)
F	زيت قسرى غير مباشر Forced(oil not directed)
D	زيت قسرى مباشر على الملفات (Forced-directed oil)

جدول(٢-٢) كتابة وترتيب الرموز الخاصة بطرق التبريد

الرمز	المعني
الحرف اللاتينى الأول من اليسار	نوع الوسط المباشر لتبريد ملفات المحول (cooling medium in contact with winding)
الحرف اللاتينى الثانى من اليسار	أسلوب التبريد بالمحول(Kind of circulation)
الحرف الثالث من اليسار	نوع الوسط المباشر مع الأجزاء الخارجية لنظام التبريد (Cooling medium in contact with external cooling system)
الحرف الرابع من اليسار	أسلوب التبريد لهذه الأجزاء (Kind of circulation)

وعليه فان البيانات الآتية توضح بعض الطرق الحقيقية للتبريد و التى أقرتها المواصفات العالمية للمحولات: ONAN (Oil-immersed transformer with Air Natural Cooling)

محول مغمور فى الزيت و التبريد بالهواء الطبيعى

LNAN (Non-flammable synthetic insulating liquid transformer with air natural cooling)

محول مغمور فى مائع عازل غير قابل للاشتعال والتبريد بالهواء الطبيعى

ONAF (oil-immersed transformer with air natural and forced oil)(not directed cooling)

محول مغمور فى الزيت و تبريد الملفات بالزيت القسرى الغير مباشر مع هواء تبريد طبيعى للأجزاء الخارجية

OFAF (oil immersed transformer with forced air, forced oil)(not directed cooling)

محول مغمور فى الزيت و التبريد بالزيت القسرى الغير مباشر و الهواء القسري

AN (Dry type transformer without protective enclosure or with ventilated enclosure and with natural air cooling)

محول معزول من النوع الجاف و التبريد بالهواء الطبيعي

ANAN (Dry type tr. in a non-ventilated protective enclosure with natural air cooling)

محول معزول من النوع الجاف داخل وعاء حماية و التبريد بالهواء الطبيعى لجميع أجزائه

ODAF (oil immersed transformer with forced-directed oil and forced air circulation)

محول مغمور فى الزيت وتبريد الملفات بالزيت القسرى المباشر و الأجزاء الخارجية بالهواء القسري

٢-٤ ارتفاع درجة الحرارة (Temperature Rises of Transformers)

عند إقرار المواصفات و المقاييس الخاصة بمحولات التوزيع يجب الأخذ بعين الاعتبار حدود ارتفاع درجة حرارة الأجزاء المختلفة للمحول المطلوب عند التشغيل بحيث لا تتعدى القيم المسموح بها لأى جزء من أجزائه.

وتوصف ارتفاع درجة الحرارة بالمحول بأنها الفرق بين حرارة أى جزء وحرارة وسط التبريد عند بداية دخوله إلى المحول.

وطبقا للمقاييس العالمية (IEC,VDC) فإن حدود ارتفاع درجة أى جزء بالمحول تحسب دائما على أساس القيم الآتية لدرجة حرارة الهواء المحيط :

* درجة الحرارة العظمى	٤٠ درجة مئوية
* درجة الحرارة المتوسطة إلى اليومية	٣٠ درجة مئوية
* درجة الحرارة المتوسطة السنوية	٢٠ درجة مئوية

مقاسة على بعد ١ إلى ٢ متر من المحول عند منتصف ارتفاعه ولمواقع تشغيل لا يزيد ارتفاعها عن ١٠٠٠ متر من سطح البحر.

وعلى ذلك فعند إقرار مواصفات محولات التوزيع المطلوبة يجب الاستعانة بالمقاييس الموضحة بالجداول الآتية و التى توضح حدود ارتفاع درجات حرارة الأجزاء المختلفة بكل من محولات التوزيع الجافة ومحولات التوزيع المغمورة فى الزيت العازل.

جدول (٢-٣) حدود ارتفاع درجة الحرارة بأجزاء المحولات الجافة

الحد الأعظم لارتفاع درجة الحرارة(درجة مئوية)	درجة العازل	وسيلة التبريد	الجزء
60 75 80 100 125 أكثر من ١٥٠	A E B F H By agreement (بالاتفاق)	هــواء طبيعــى أو قسرى (Air, Natural or Forced)	الملفات (Windings)
نفس القيم السابقة للملفات لا يجب بأى حال أن تصل إلى درجة حرارة تتلف القلب نفسه أو أى أجزاء مجاورة	------------	Air (هواء)	القلب الحديدى والأجزاء الأخرى (Cores and other Parts)

جدول (٢-٤) حدود ارتفاع درجة الحرارة بأجزاء المحولات المغمورة فى الزيت وفى أى عازل صناعى قابل للاشتعال

الحد الأعظم لارتفاع درجة الحرارة(درجة مئوية)	الجزء
٦٥ لمحولات التوزيع بتبريد (ONAN) ٧٠ لمحولات التوزيع بتبريد (ODAF) ٦٠ للمحولات المحكمة الغلق (Sealed Transformer) ٥٥ للمحولات الغير محكمة (Non-Sealed Transformer)	الملفات المعزولة بدرجة عزل من النوع (class A) زيت العزل بأعلى المحول (Top Oil) درجة الحرارة تقاس عن طريق ثرمومتر حرارى
لا يجب بأى حال أن تصل إلى درجة حرارة تتلف القلب نفسه أو أى أجزاء أخرى مجاورة	القلب الحديدى والأجزاء الأخرى المعدنية

وفى حالة الحاجة إلى محولات توزيع من النوع المغمور فى أى مائع عازل غير قابل للإشتعال (درجة عزله تختلف عن النوع A) فإنه يمكن الاستعانة بالقيم المذكورة فى جدول (٢-٤) بعد رفع حدود سقفها بنسب يتفق عليها مسبقا لتحديد الحد الأقصى لدرجة حرارة التشغيل المسموح بها لأجزاء المحول المختلفة قبل الإقرار النهائى له.

فى حالة استخدام محولات التوزيع فى مواقع تزداد فيها درجة حرارة الهواء المحيط عن القيم المذكورة سابقا (٤٠ / ٣٠ / ٢٠) درجة مئوية فإن حد ارتفاع درجة حرارة تشغيل أجزائه المختلفة ستقل عن تلك المدونة فى الجداول السابقة بنسب متفاوتة تتلاءم مع درجة حرارة الموقع.

وطبقا للمقاييس العالمية بالنسبة لمحولات توزيع القدرة بدءا من ١٠ ميجا فولت أمبير فإن نسبة النقص فى حدود ارتفاع درجة الحرارة لأجزاء المحول تكون مقابلة للزيادة فى درجة حرارة الهواء المحيط ، أما بالنسبة لمحولات توزيع القدرة لأقل من ١٠ ميجا فولت أمبير ، فإن حدود حرارة أجزائه يجب أن تقل عن تلك المذكورة فى جدول (٢-٣) وجدول (٢-٤) بالنسب المقررة الآتية :

أ- ٥ درجات مئوية إذا كانت الزيادة فى درجات حرارة الجو المحيط فى حدود ٥ درجات مئوية أو أقل.

ب- ١٠ درجات مئوية إذا كانت الزيادة فى درجات حرارة الجو المحيط فى حدود ١٠ درجات مئوية أو أقل.

٢-٥ السعات المفضلة (KVA Rating)

القيم المقننة (Rated Quantities) للمحولات مثل القدرة الكهربائية المقننة (P rated) ، وجهود التشغيل المقننة (V rated) ، نسبة التحويل المقننة (Transformation Ratio) وكذلك جهود معاوقة المحول عند الحمل المقنن (Rated Impedance Voltage) يتم إختيارها دائما من واقع وشروط

متطلبات نظم التركيبات الكهربائية المطلوبة. وسنتناول بالتفصيل وتباعا المعايير والمواصفات القياسية لإختيار جميع القيم المقننة الخاصة بمحولات توزيع القدرة الكهربائية ، والقيم المفضلة والمناسبة منها.

ويجب مراعاة أن السعة المقننة للمحولات يتم اختيارها على أساس التحميل الدائم لها بتيار الحمل الكامل (Full Load Current) دون أن تتعدى حرارة تلك المحولات الدرجات المسموح بها فى المواصفات والمقاييس العالمية المتفق عليها أنظر بند(٢-٤) من هذا الكود.

تقدر أولا قيمة القدرة الكهربائية اللازمة للنظام المفتوح وذلك على أساس القدرة الفعالة العظمى له (Peak Effective Power Demand) آخذين فى الاعتبار الزيادة المتوقعة والنمو الكهربائى اللازم لهذا النظام ، وكذلك شروط ونوعية الخدمة المطلوبة (Service Condition) ، ويتم بعد ذلك تحويل هذه القدرة إلى السعة المقننة اللازمة لاختيار المحول بالكيلو فولت أمبير (Rated KVA) وذلك باعتبار معامل قدرة التشغيل المتوقعة للأحمال الكهربائية.

يفضل اختيار سعة المحول بعد ذلك (KVA Rating) من القيم المتفق عليها فى المقاييس والمواصفات العالمية والدولية (IEC, VDE, NEC, etc.) والخاضعة للمعايير العالمية (ISO-Standard).
ويوضح جدول (٢-٥) القيم المفضلة عند اختيار السعة المقننة لمحولات التوزيع.

جدول (٢-٥) القيم المفضلة لسعة محولات التوزيع ثلاثية الطور

KVA	KVA
5	80
6.3	100
8	125
10	160
12.5	200
16	250
20	315
25	400
31.5	500
40	600
50	800
63	1000, 1500, 2000

وفى كل الأحوال يجب التأكد أن المحول المطلوب والذى تم إقراره يتضمن فى لوحة بياناته جميع القيم المقننة (Ratings) التى تم توصيفها وإقرارها نهائيا.

٢-٦ الجهود المستخدمة (Rated Voltages)

عند توصيف الجهود المقننة (Rated Voltages) لمحولات توزيع القدرة الكهربائية المطلوبة يجب الأخذ فى الاعتبار المعايير الهامة الآتية :

١- جهد الدخل المقنن للمحول (Input Rated Voltage)

ويتم توصيفه على أنه الجهد على أطراف دخل المحول عند حمل التشغيل الكامل لهذا المحول.

٢- جهد الخرج المقنن للمحول (Output Rated Voltage)

ويتم توصيفه على أنه الجهد على أطراف خرج المحول (Vout) عند حالة اللاحمل (No Load) والمقابل لكل من جهد وتردد الدخل المقننين (Rated Voltage and Frequency on Input Side) ويفضل عند توصيف المحول المطلوب الأخذ بعين الاعتبار تلك القيم المدرجة فى جدول (٢-٦) طبقا للمقاييس والمواصفات العالمية والدولية (IEC, VDE, NEC, etc.)

ويلاحظ فى هذا الجدول أن القيم المزودة بالرمز (*) هى القيم العملية المفضلة عند إختيار وإقرار المحول المطلوب.

٣- جهد المعاوقة المقنن للمحول (Rated Impedance Voltage)

يراعى عند توصيف محولات توزيع القدرة الكهربائية من سعة ٥ ك.ف.أ وحتى ٦٠٠ ك.ف.أمبير أن يكون جهد المعاوقة المقنن للمحول المطلوب (Rated Impedance Voltage) فى حدود ٤ % لدواعى الاحتفاظ بالجهد المفقود (Voltage Drop) فى المحول عند حمل التشغيل الكامل لأقل قيمة ممكنة. أما إذا زادت سعة محول التوزيع المطلوب عن ٦٠٠ ك.ف.أ فيتم الاستعانة بجدول رقم (٢-٧) الذى يوضح القيم المختلفة لجهد المعاوقة المقنن (Values of Rated Impedance) للمحولات ذات السعات المختلفة طبقا للمقاييس والمواصفات العالمية والدولية لها (IEC, VDE, NEC, etc.).

جدول (٢-٦) الجهود المستخدمة لمحولات التوزيع (Rated Voltages)

Rated Voltage on Output Side (Vrated) Output, KV	Rated Voltage on Input Side (Vrated) Input, KV
0.231, 0.400*, 0.5, 3.3*, 6.6*	1, 3.3*, 5, 6.6*, 11*, 15, 20*, 26, 33*

* Preferred Values (القيم المفضلة)

جدول (٢-٧) جهود المعاوقة المقننة لمحولات توزيع القدرة الكهربائية
(Typical Values of Impedance Voltage for Distribution Transformers)

Impedance Voltage (%)	Rated Power in KVA
4.00	Up to 630
5.00	631 To 1250

Impedance Voltage (%)	Rated Power in KVA
6.25	1251 to 3150
7.15	3151 to 6300

٢-٧ التوصيلات الداخلية

(Connections of Winding in 3-Phase Distribution Transformers)

جدول (٢-٨) يوضح التوصيلات الداخلية السائدة لمحولات توزيع القدرة ، وهى توصيلات النجمة ، الدلتا أو الزجزاج ويعبر عنها بالحروف أو المصطلحات العالمية (Y, D&Z) لملفات الجهد العالى بالمحول أو بالرموز (y&d&z) لملفات الجهد المنخفض بالمحول ، ويلاحظ أنه عند توصيف محول بنقطة أو خط تعادل – فإن الرموز أو المصطلحات الدالة على ذلك تكون (YN&ZN) لجانب الجهد العالى أو (yn&zn) لجانب الجهد المنخفض.

جدول (٢-٨) التوصيلات الداخلية المتفق عليها لملفات محولات توزيع القدرة ثلاثية الطور

طريقة توصيل الملفات	رسم المتجهات Vector Diagram	الرموز أو المصطلحات العالمية المتفق عليها الجهد المنخفض (L.V)	الجهد العالى (H.V)
(Delta Connection) دلتا	△	d	D
(Star Connection) نجمة	Y	y	Y
(Zigzag Connection) زجزاج		z	Z
(Open Connection) مفتوح	Y	iii	III
نجمة بخط تعادل (Star connection with Neutral terminal)	Y or	yn	YN
زجزاج بخط تعادل (Zigzag Connection with Neutral)		zn	ZN

١- الإزاحة الزاوية الكهربائية بين جهد ملفات المحول

(Phase Displacement between Windings)

عند توصيف محولات توزيع القدرة لابد من توضيح الزاوية الكهربائية بين ملفات الجهد المنخفض منسوبة إلى ملفات الجهد العالى. ويعبر عن ذلك بمجموعات من رسومات المتجهات(Vector Groups) متفق عليها طبقا للمعايير العالمية لتوضيح طريقة توصيل ملفات المحول الداخلية والزاوية الكهربائية بين متجه الجهد المنخفض منسوبا إلى متجه الجهد العالى الأساسية. جدول (٢-٩) يوضح التوصيلات المختلفة لمحولات التوزيع وأرقام مجموعة المتجهات ، وكما هو موضح يتم توصيف كل مجموعة برقم

من أرقام الساعة المعتادة من الساعة الواحدة أى (١) إلى الساعة الثانية عشر أى (١٢) ، ومنه يمكن استنتاج الزاوية الكهربية بين متجه الجهد المنخفض منسوبا إلى متجه الجهد العالى على أساس ٣٠ ° للساعة الواحدة.

جدول (٢-٩) التوصيلات العيارية للمحولات ومجموعة المتجهات

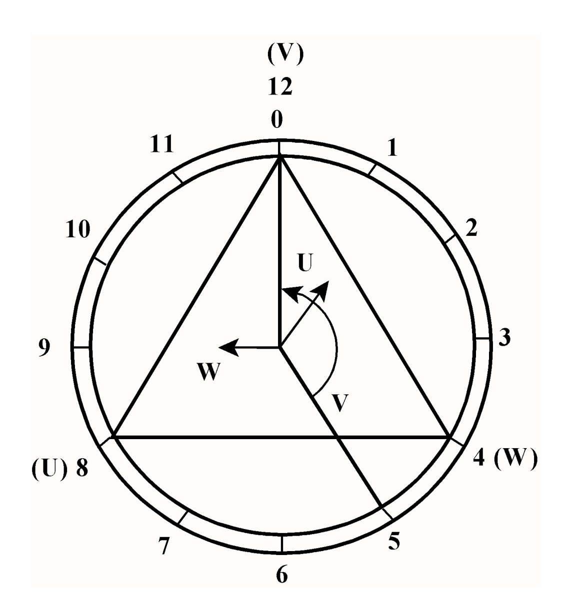
Designation		Vector Diagram		Winding Connections[1]	
Phase Displ	Vector Group No.	H. V	L. V	H. V	L. V
0	Dd0 Yy0 Dz0				
5 150°	Dy5 Yd5 Yz5				
6 180°	Dd6 Yy6 Dz6				
11 330°	Dy11 Yd11 Yz11				

1- Assuming Identical Winding Direction

شكل (٢-١) يوضح ذلك بالتفصيل لمحول مجموعة متجهاته هى (Dy5) ، أى أن :

- ملفات الجهد العالى متصلة معا بطريقة الدلتا D
- ملفات الجهد المنخفض متصلة معا بطريقة النجمة y

الزاوية الكهربائية بين الجهد المنخفض منسوبا لمتجه الجهد العالى : 5 x 30 = 150 deg.



شكل (٢-١) كيفية تحديد مجموعة المتجهات للمحول

٢- التوصيلات المفضلة لمحولات التوزيع (Preferred Vector Groups)

يفضل لمحولات التوزيع توصيلات الدلتا أو النجمة لملفات الجهد العالى وتوصيلات النجمة أو زجزاج لملفات الجهد المنخفض. ويمكن توصيل نقطة التعادل لملفات الجهد المنخفض لأحد الأطراف الخارجية للتوصيل إذا كان الجهد المنخفض للمحول لا يزيد عن ١٠٠٠ فولت وعلية فإن مجموعات المتجهات المفضلة لمحولات التوزيع هى :

Yy0, Yyn0
Yd5, Yz5, Yzn5
Yy6, Yyn6
Yy11, Yyn11, Yz11, Yzn11
Dd0, Dz0, Dzn0
Dy5, Dyn5
Dd6, Dz6, Dzn6
Dy11, Dyn11

ويفضل للمحولات الجافة (Dry Type) بصفة خاصة المجموعات (Yy0, Dy5)

٢-٨ وقاية المحولات (Guarding)

عند توصيف محولات التوزيع وكذلك عند تركيبها فى مواقع التشغيل لابد من إقرار المعايير والمقاييس المتفق عليها عالميا لوقاية المحولات نفسها (ميكانيكيا) وكذلك لوقاية جميع القائمين بالتشغيل أو المحيطين بموقع المحول. تتحصر تلك المقاييس فى توفير عناصر الوقاية الأساسية الآتية :

١- الوقاية الميكانيكية (Mechanical Protection)
وتهدف إلى حماية المحول نفسه من أى أخطار أو صدمات ميكانيكية خارجية قد تقع عليه وتسبب أضرارا به وخصوصا فى مواقع التشغيل المعرضة لمثل هذه المشاكل ، مثل قرب الموقع من أعمال ميكنة زراعية أو من أعمال جر ونقل بقاطرات ثقيلة. ويفضل فى هذه الحالة حماية المحول بسياج من قضبان حديدية لا يقل قطر كل منها عن ١٠ سم حول الاتجاهات الأربعة للمحول أو قد يحاط بسياج من مواسير الصلب بقطر داخلى لا يقل عن ١٠ سم مملوءة بخليط من الخرسانة لتقويتها لضمان أمن وسلامة المحول.

٢- الوقاية ضد سقوط أجسام غريبة داخل المحول (Casing or Enclosure)
طبقا للمقاييس والمعايير العالمية (IEC, VDE) فإن محولات التوزيع بجميع أنواعها لابد من حمايتها ضد سقوط أى أجسام غريبة بداخل أى جزء منها لتلافى الأضرار الجسيمة التى قد تنتج عن ذلك. وعلى ضوء تلك المعايير فإن محولات التوزيع المغمورة فى أى سائل تبريد لابد من توصيف حمايتها ضد أخطار سقوط الأجسام الغريبة ، الأتربة ، أو ضد أى ماء مسلط عليها من أى اتجاه ، أما المحولات الجافة (Dry Type) فيكتفى بإقرار حمايتها ضد الماء فقط حيث أنها معزولة جيدا بمادة ألـ Cast-Resin وعليه فإن التوصيف الآتى يجب إقراره للأجزاء المختلفة لمحولات التوزيع المطلوبة :

أ- محولات التوزيع المغمورة فى أى سائل تبريد للغلاف الرئيسى الخارجى للمحول (IP 54) أما غلاف أطراف التوصيل فتكون (IP00).
ب- محولات التوزيع الجافة (IP00) (Dry Type) وأى أجزاء أخرى إضافية بالمحول يجب توصيف وقايتها طبقا للمقاييس العالمية والتى أقرتها (IEC or VDE).

٣- الوقاية من معدات التشغيل الكهربائية بالمحول (Exposed Energized Parts)
يجب توافر معايير الآمان والحماية اللازمة للمختصين و القائمين على تشغيل المحول و فى هذا الإطار فإن مفاتيح و قواطع تشغيل المعدات الموجودة بالغلاف الرئيسى يمكن تثبيتها على الغلاف الرئيسى فقط طالما إن جهد تشغيل هذه القواطع لا يزيد عن ٦٠٠فولت مع إخضاع هذه المعدات لمعايير الوقاية الميكانيكية اللازمة.

٢-٩ التهوية : (Ventilation)
عند توصيف غرف محولات التوزيع يجب الأخذ فى الاعتبار التهوية الكافية للتخلص من الحرارة الناتجة عن القدرة المفقودة بالمحول أثناء التشغيل لوقايته من ارتفاع درجة حرارته عن الحد المسموح به طبقا للمقاييس المذكورة فى (٢-٤) ، ويشمل ذلك التأكد من الفتحات المناسبة لدخول وخروج الهواء من هذه الغرف وعدم إعاقته فى أى وقت من أوقات التشغيل

وتصميم غرف المحولات بحيث تأتى التهوية دائما من تحت المحول أو بالقرب من أسفله بقدر الإمكان ، ويجب مراعاة أن تكون فتحات خروج الهواء فى الجهة المقابلة لفتحات دخوله كما هو مبين فى الشكل التوضيحى رقم (٢-٢). ويجب توصيف أبعاد فتحات التهوية لتناسب قدرة المحول المطلوب ، وطبقا للمقاييس العالمية (VDE) فإن أبعاد فتحات التهوية يمكن تحديدها من المنحنيات العامة الموضحة بشكل رقم (٢-٣)

٢-١٠ التأريض (Grounding)

محولات التوزيع سواء كانت فى غرف خاصة أو غرف توزيع (Transformers Station) لابد من توفير حماية التأريض الكاملة لها طبقا للمقاييس و المعايير العالمية (IEC & VDE or B.S) ، وذلك بتوصيل جميع الأجزاء المعدنية للمحول نفسه ومعدات تشغيله الملحقة و التى قد تتعرض بالخطأ للاتصال بالتيار الكهربى توصيلا جيدا بالأرض لتوفير عامل الأمان و الحماية للقائمين بالتشغيل ، وكذلك للأجهزة المختلفة المتصلة مع النظام ضد حدوث الأخطاء الكهربائية الأرضية.

أ- توصيلات الحماية الأرضية للجهد العالى
(High Voltage Protective Earthing)

معدات التشغيل (Switchgear Equipment) والغلاف الخارجى المعدنى لكابلات التغذية وكذلك الغلاف الرئيسى للمحول نفسه يجب توصيلهم جيدا بالأرض إما مباشرة أو عن طريق موصلات أرضية إلى أقطاب الحماية المزروعة فى باطن الأرض (Earth Electrodes) وتتحدد مساحة مقطع الموصلات الأرضية والأقطاب طبقا للتيار الأرضى الذى قد يمر بها عند حدوث الأخطاء الكهربائية الأرضية (أحد الموصلات الرئيسية أو أكثر يتصل بطريقة مباشرة أو غير مباشرة). ويجب مراعاة أنه إذا كان الجهد العالى للمحول موصل بخطوط هوائية (Overhead Lines) فإن إقرار نظام تأريضه وحمايته يجب أن يتم بالتعاون أولا مع مؤسسة الكهرباء للوقوف على المقاييس والمعايير الخاصة التى تتفق مع نظام التأريض الخاص بطرق وخطوط النقل للمؤسسة.

ب- توصيلات الحماية الأرضية للجهد المنخفض
(Low Voltage Protective Earthing)

جميع الأجزاء المعدنية للمعدات والقواطع ولوح التوزيع (التى ليست جزء فى أى دائرة كهربائية) ، يجب توصيلها جيدا بالأرض للحماية وتوفير عامل الأمان عند لمس هذه الأجزاء وحدوث أى أخطار كهربائية أرضية أنظر شكل (٢-٤).

ج- التأريض لنظام الجهد المنخفض (Low Voltage System Earthing)

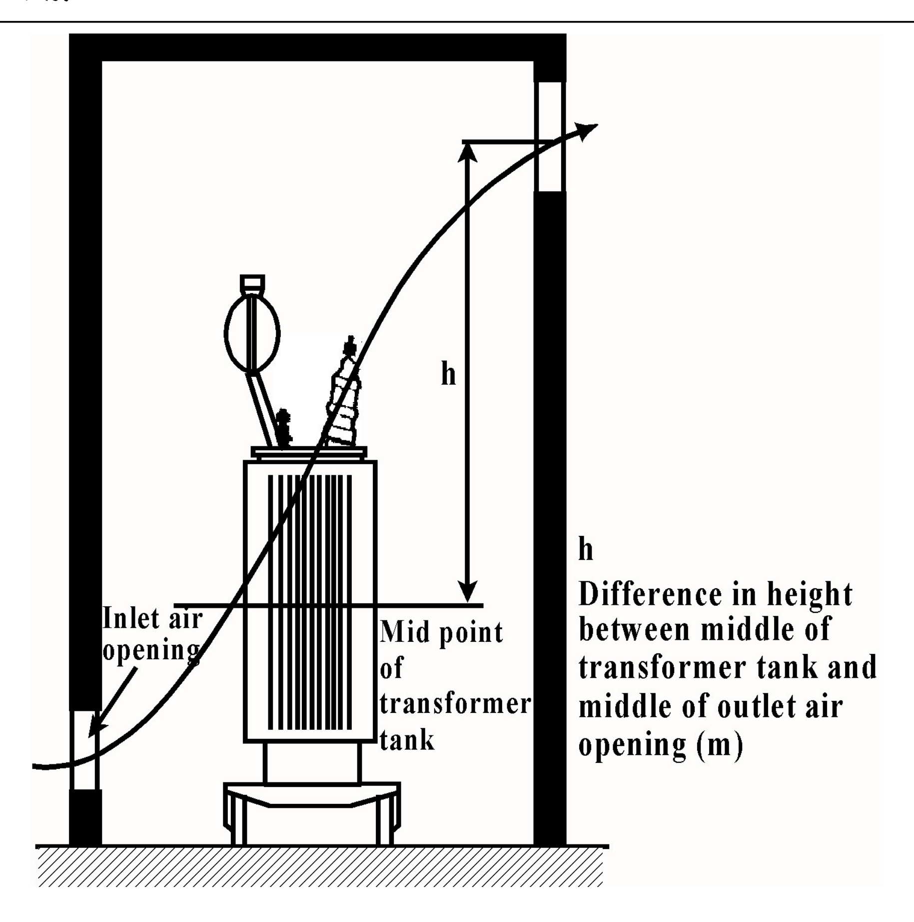
نقطة التعادل لنظام الجهد المنخفض فى محولات التوزيع يجب توصيلها بالأرض جيدا للحماية ضد زيادة ارتفاع الجهد فى حالة حدوث أحد الأخطاء الكهربائية على أطراف نظام التوزيع ، ويجب التأكيد على توصيل نقطة التعادل بالأرض حتى فى حالة وجود موصلات أخرى للحماية الأرضية ملحقة بالنظام.

د- مقاومة الإلكترود الكهربائية (Earth Electrode's Resistance)

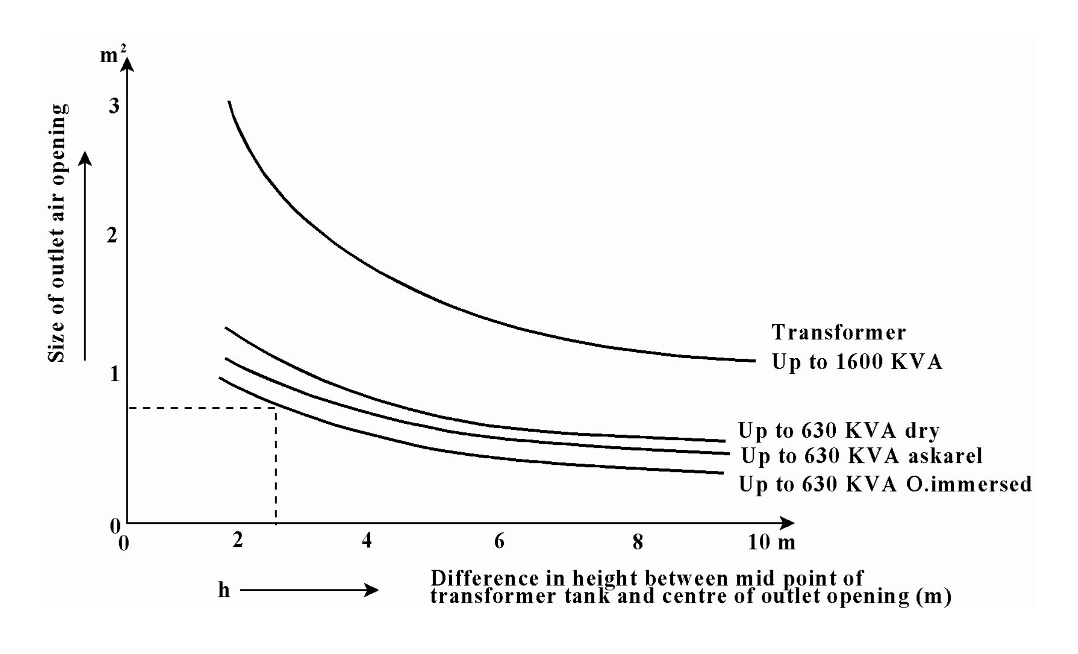
عند تصميم نظام التأريض (للحماية أو التوزيع) فإنه يجب ألا تزيد مقاومة الإلكترود الكهربائية عن ٢ أوم ويجب زرع على الأقل أحد الأقطاب (الإلكترود) بجوار المحول ، وإذا لم يفى قطب واحد بالمقاومة المطلوبة فإنه يتم زرع أكثر من الكترود وتوصيلهم معا بموصل أرضى مشترك لتحقيق المقاومة المطلوبة والمفضلة من قبل النظم العالمية (IEC, VDE & B.S).

هـ- مكونات نظام التأريض (Earthing Components)

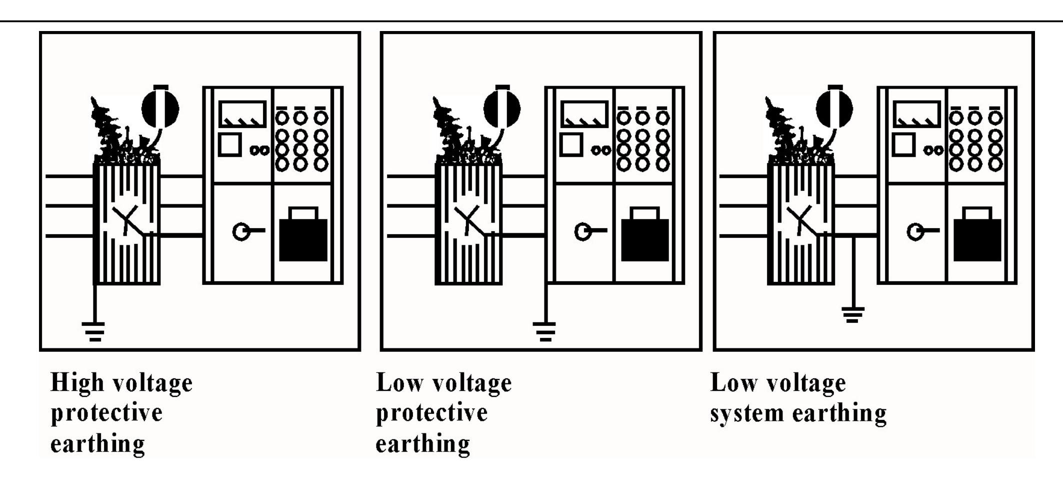
يتكون نظام التأريض من موصل التأريض ، وقطب التأريض نفسه (electrode) ولا يصح بأى حال استخدام أى مصهرات أو مفاتيح أو قواطع (سهلة الفك والتركيب) فى دائرة نظام التأريض ، ويجب مراعاة أن تكون جميع التوصيلات فى النظام التأريضى محكمه جداً (كهربائياً وميكانيكياً) وقد يسمح باللحام أو باستخدام المسامير وأدوات الكبس فى التوصيلات المختلفة بالنظام التأريضى ، ويجب أيضا مراعاة حماية جميع الوصلات بنظام التأريض من الصدأ.



شكل (٢-٢) توضيح للتهوية اللازمة للمحول



شكل (٢-٣) تحديد أبعاد فتحات التهوية اللازمة



شكل (٢-٤) توصيلات حماية التأريض للمحول

١- موصل التأريض (Earthing Conductor)

وهذا الموصل الوسيط بين الأجزاء المعدنية القابلة للتأريض وقطب التأريض المزروع فى باطن الأرض، ويمكن استخدام الخوص أو الشرائط المجدولة (STRIPS) المصنوعة من النحاس ، الألومنيوم أو الصلب ، وتتحدد مساحة مقطع موصلا ت التأريض بناء على حسابات التيار فى الدائرة عند حدوث خطأ كهربائى أرضى باتصال أحد الموصلات الرئيسية بالأرض (Single Line Earth Fault Current). جدول (٢-١٠) يعطى قيم مساحات مقطع موصلات التأريض المختلفة (نحاس ، ألومنيوم أو صلب) طبقا للنظام العالمى (VDE) والتى يمكن الاستعانة بها فى التطبيقات العملية لنظام الجهد العالى لمحولات التوزيع (أعلى من ١٠٠٠ فولت) أما جدول (٢-١١) فيعطى الحد الأدنى لمساحة مقطع موصلات التأريض لنظام الجهد المنخفض (أقل من ١٠٠٠ فولت) طبقا للنظام العالمى (VDE) .

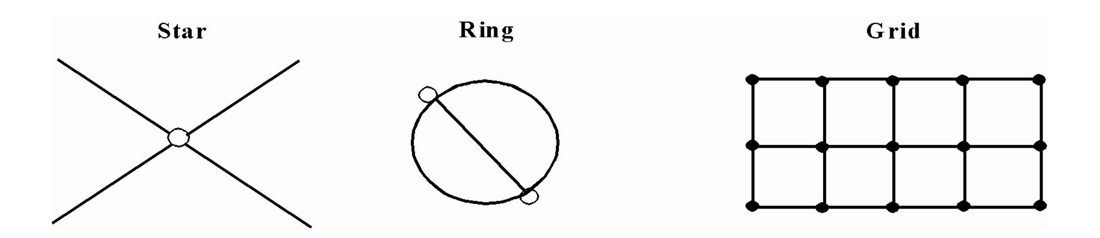
٢- أقطاب التأريض (Earthing Electrodes)

عند اختيار قطب التأريض يجب الإلمام جيدا بموقع محول التوزيع المطلوب ، طبيعة التربة لأرض الموقع والقيمة المسموح بها لمقاومة قطب التأريض الكهربائية ، ويجب التأكيد على أن قطب التأريض متصل جيدا بالأرض عند زرعه فى باطنها ، ويفضل إجراء وعمل بعض الترتيبات المسبقة والدائمة لترطيب التربة الجافة لموقع المحول إذا اقتضى الأمر ذلك.

ويمكن اختيار الأقطاب الأرضية من خوص أو شرائط مجدولة ، من قضبان أو أقراص معدنية والمصنوعة إما من الصلب المجلفن أو من الصلب المغطى بالنحاس ما لم يكن الموقع به بعض التفاعلات الكيميائية والتى تحتاج إلى أقطاب تأريض خاصة.

٣- خوص أو شرائط أقطاب التأريض (Strip Earthing Electrodes)

يمكن استخدام هذه الأقطاب للتأريض وهى تدفن فى الأرض على عمق يتراوح بين (٠,٥ : ١) مترا تبعا لقيمة مقاومة التأريض المطلوبة ويمكن تشكيلها على شكل نجمة (Star) ، حلقة (Ring) أو شبكه (Grid) كما هو مبين بالشكل التوضيحى رقم (٢-٥) ويراعى فى حالة استخدام التشكيل الذى على شكل نجمة (Star) ألا تقل الزاوية بين أى فرعين متتاليين من فروع النجمة عن ٦٠ درجة لتجنب التأثير المتبادل بين الفروع.



شكل رقم (٢-٥) أنواع أقطاب التأريض

شكل (٢-٦) خواص مقاومة أقطاب التأريض

جدول (٢-١٠) سعة التيار للموصلات الأرضية

الحد الأدنى لمساحة المقطع مم٢	موصلات نحاسية من ١٦ مم٢		لا يفضل إستخدامها فى باطن الأرض موصلات ألومنيوم من ٣٥ مم٢		موصلات صلب من ٥٠ مم٢	
مساحة المقطع مم٢	سعة التيار الدائم (أمبير)	سعة التيار لمدة ثانية واحدة	سعة التيار الدائم (أمبير)	سعة التيار لمدة ثانية واحدة	سعة التيار الدائم (أمبير)	سعة التيار لمدة ثانية واحدة
١٦	١٥٠	٢٥٠٠	-	-	-	-
٢٥	٢٥٠	٤٠٠٠	-	-	-	-
٣٥	٣٠٠	٥٥٠٠	٢٠٠	٣٧٠٠	-	-
٥٠	٤٨٠	٨٠٠٠	٢٥٠	٥٣٠٠	١٥٠	٣٣٠٠
٧٠ (خوص)	٥٩٠	١١٥٠٠	٣٢٠	٧٤٠٠	١٨٠	٤٧٠٠
١٠٠ (خوص)	٧٨٠	١٦٠٠٠	٤٣٠	١٠٥٠٠	٢٤٠	٦٧٠٠
٢٠٠ (خوص)	١٣٨٠	٣٢٥٠٠	٧٦٠	٢١٠٠٠	٤٢٠	١٣٥٠٠

جدول (٢-١١) الحد الأدنى لمساحة مقطع الموصلات الأرضية لتحمل الاجهادات الميكانيكية

طريقة التركيب للموصل الأرضي	الحد الأدنى لمساحة المقطع (مم٢)		
	نحاس	ألومنيوم	حديد (خوص)
ثابت مع وقاية ميكانيكية	١,٥	٢,٥	لا يستخدم عادة
ثابت مع عدم وجود وقاية ميكانيكية	٤	غير مسموح	٥٠ مم٢ بحد أدنى وبسمك لا يقل عن ٢,٥ مم٢

٤- قضبان أقطاب التأريض (Rod-Earthing Electrodes)

يراعى فى إختيار هذا النوع من أقطاب التأريض أن تكون من الصلب ويجب زرعها فى الأرض رأسيا ، ويتوقف طول القطب وأعدادها على المقاومة المطلوبة لنظام التأريض ، وفى حالة غرس مجموعة أقطاب يجب أن تكون المسافة بينهم لا تقل عن ضعف طول القطب المزروع مع مراعاة توصيل جميع الأقطاب المزروعة بموصل أرضى رئيسى بينهم. شكل (٢-٦) يوضح أن مقاومة قطب التأريض تتوقف على طوله وعمقه أكثر مما تتوقف على قطره.

٥- أقراص أقطاب التأريض (Plate Earthing Electrodes)

ويراعى فى إختيارها أن تكون من أقراص الصلب أو النحاس وتدفن تحت تربة أرض الموقع بمسافة لا تقل عن ١ متر. وتختلف أبعاد قرص القطب طبقا للمقاومة المطلوبة لنظام التأريض وغالبا ما تستخدم أقراص بأبعاد (١ x ٠,٥ متر) فى نظم التأريض بالأقراص ويراعى فى حالة استخدام أكثر من قرص أن تكون المسافة بينهم لا تقل عن ٣ متر. وبصفة عامة لا يفضل استخدام نظام أقراص أقطاب التأريض حيث تستخدم مواد أكثر من النظم الأخرى للحصول على نفس مقاومة التأريض المطلوبة.

٢-١١ لوحة البيانات (Rating Plate)

عند توصيف أى من محولات التوزيع يجب التأكيد على وجود لوحة بيانات كاملة خاصة بالمحول – مثبتة جيدا وفى مكان واضح على أحد أسطحه. ويجب التأكيد على صناعة لوحة البيانات من مادة مقاومة للماء ، وأن جميع البيانات المدونة عليها تكتب بطريقة يتعذر محوها من على اللوحة (كتابة بالحفر أو بالأختام أو كيميائية ، .... الخ). ويجب أن تشمل لوحة البيانات على المعلومات الآتية :

١- نوع المحول.
٢- رقم النوع.
٣- إسم المصنع.
٤- الرقم التسلسلى للتصنيع.
٥- سنة التصنيع.
٦- عدد الأطوار للمحول.
٧- القدرة المقننة.
٨- تردد التشغيل المقنن.
٩- جهد التشغيل المقنن.
١٠- تيار التشغيل المقنن.
١١- طريقة توصيل الملفات.
١٢- الوزن الكلى.
١٣- النسبة المئوية لجهد المعاوقة عند التأريض (Impedance Voltage).
١٤- نوع ووسيلة التبريد.
١٥- وزن زيت أو سائل التبريد.
١٦- نوع العازل المستخدم ودرجة حرارته (خاصة للمحول الجاف).
١٧- إرتفاع درجات الحرارة.
١٨- مستويات العازل المستخدم وخاصة لملفات الجهد العالى.
١٩- الوزن الكلى لنقل المحول (إذا زاد عن ٥ طن).
٢٠- نوع السائل العازل ، إن لم يكن زيت معدني.
٢١- تفاصيل نقاط التلامس لتغيير نسبة التحويل بالمحول (Tapping).
٢٢- أبعاد مساحة مقطع خط التعادل لمحول التوزيع.

٢-١٢ حيز نهايات الموصلات (Terminals Wiring Space)

عند تركيب محولات التوزيع يجب مراعاة الحد الأدنى الواجب توافره لحيز أطراف الموصلات عند حدود ثنيها (سواء ثنى الأطراف عند المحول أو ثنى الأطراف عند الحمل) وخاصة بالنسبة للجهد المنخفض الذى لا يزيد عن ٦٠٠ فولت.

هذه المقاييس هامة جدا للموصلات من حيث تحديد الحد الأقصى للاجهادات الميكانيكية والكهربائية التى تقع عليها وعلى العوازل الخاصة بها.

٢-١٣ أماكن تركيب المحولات (Location of Installation)

عند توصيف أو إقرار أماكن تركيب المحولات يراعى المقاييس العامة الآتية :

١- ارتفاع الموقع عن سطح الأرض

تصمم جميع محولات التوزيع طبقا للمقاييس العالمية للعمل فى مواقع لا يزيد ارتفاعها عن ١٠٠٠ متر من سطح البحر.

٢- اختيار موقع المحول

يجب أن يكون الموقع خاليا من تراكمات المياه الأرضية ، ويصمم الموقع ومكان التركيب لأقل إسقاط إشعاع شمس بغرض رفع كفاءة التبريد للمحول أثناء التشغيل.

٣- التركيب داخل الغرف (Indoor Installation)

محولات التوزيع المغمورة فى الزيت أو أى سائل آخر للتبريد يجب تركيبها داخل غرف مغطاة ، جيدة التهوية ، وذلك لحمايتها من الأتربة والرمال والأمطار.
المحولات الجافة أيضا يجب وضعها فى غرف مغلقة ، جافة ، خالية من الأتربة وأن تزود بمنافذ مناسبة لأعمال الصيانة ، والتشغيل ، لأعمال إطفاء الحرائق ، أو لأعمال نقل المحول إذا اقتضى الأمر ذلك.

٤- التركيب الخارجى (Outdoor Installation)

المحولات الزيتية أو بسوائل أخرى للتبريد ، وكذلك المحولات الجافة يمكن تركيبها خارجيا فى الهواء بحيث يكون غلافها الكلى الخارجى وكذلك غلاف الأطراف محكمة جيدا (Totally Enclosed) ومقاومة للعوامل الجوية الخارجية (Weatherproof).

٥- التركيب فى عوامل مناخية مؤثرة

فى الأماكن التى تختلف فى العوامل المناخية عن المعتاد مثل انتشار الرطوبة أو انتشار الأبخرة الصناعية ، يجب تزويد المحول عند تركيبة بأجهزة خاصة (Humidifier) لإزالة وامتصاص هذه الرطوبة والأبخرة الغير عادية للحفاظ على كفاءة العازل بمحول الموقع.

٢-١٣-١ أماكن تركيب المحولات المغمورة فى الزيت

أ- التركيب داخل الغرف (Indoor Installation)

يراعى فى محولات التوزيع المغمورة فى الزيت (Oil-Insulated) أن توضع فى غرف خاصة قبو (Vault) تتوافر فيها الشروط التى تم إقرارها فى البند (٢-١٦). ويمكن فى حالة ما إذا كانت سعة المحول أقل من ١١٢,٥ ك.ف.أ ، السماح بتصميمات أرضية القبو بخرسانة مسلحة لا يقل سمكها عن ٤ بوصة (١٠٢ مم) بأى حال من الأحوال ، ويمكن الاستغناء عن ألـ (Vault) أو استبداله بغرفة محولات بشرط توافر عدم امتداد حرائق زيت المحول إلى أى مواد أخرى مجاورة فى الموقع المحيط قابلة للاحتراق.

ب- التركيب فى الخارج (Outdoor Installation)

لا يحبذ تركيب المحولات المغمورة فى الزيت إلا إذا تطلب الأمر ذلك أو سمحت الظروف لمثل هذه التركيبات (مثل اختيار موقع المحول فى الخلاء) ، أما إذا تطلب الأمر تركيبه بالخارج قرب أحد المبانى أو ملحقا عليه فيجب توفير جميع المعايير لمقاومة العوامل الجوية الخارجية (Weatherproof) ، ومقاومة الرطوبة والأبخرة.

٢-١٣-٢ أماكن تركيب المحولات الجافة

١- المحولات الجافة بسعة قدرة كهربائية لا تزيد عن ١١٢,٥ ك.ف.أ وجهد تشغيل على أطراف الملفات الابتدائية لا يزيد عن ٣٥ ك.ف، يجب أن تفصل بينها وبين أى مواد قابلة للاحتراق فى الموقع المحيط بمسافة لا تقل بأى حال من الأحوال عن ٣٠ سم ما لم يكن هناك حاجز واقى من الحرائق بين المحول وتلك المواد.

٢- إذا قل جهد التشغيل عن ٦٠٠ فولت وكانت المحولات الجافة من النوع المغلق (Totally enclosed) والمزودة بفتحات تهوية فتعفى من الشرط السابق ، وطالما أن غرفة هذه المحولات الجافة جيدة فلا يشترط أن تكون مكونات تركيب الغرفة مقاومة للحرائق.

٣- إذا زادت سعة المحول عن ١١٢,٥ ك.ف.أ فيجب تركيبها بداخل غرف مقاومة للحرائق لمدة لا تقل أبدا عن ساعة ، أو قد يتم تركيبها فى غرفة خاصة (Vaults) ويجب الأخذ فى الاعتبار أن محولات التوزيع الجافة مناسبة جدا وخاصة تلك التى لا يزيد جهد التشغيل الإبتدائى بها عن ٣٥ ك.ف إذ لاتحتاج فى هذه الحالة إلى غرف خاصة (Vault) ، مما يوفر مساحة إضافية بالموقع ، وإذا تم اختيار محول جاف من نوع (Cast Resin) أو من النوع المعزول بالسيليكون (Silicon – Insulated) فإن المحول تقريبا يكون غير قابل للاشتعال مما يوفر المعايير الإضافية الأخرى المكلفة والخاصة بمقاومة الحرائق.

٤- المحولات الجافة التى يزيد جهد التشغيل الابتدائى بها عن ٣٥ ك.ف لابد من تركيبها داخل غرف خاصة (Vault) تتوافر فيها المواصفات المذكورة فى البند (٢-١٦) إن وجدت بالإضافة إلى التأكد من ترتيب المقاييس الأخرى اللازمة للحماية ضد أخطار الحريق وهى :

أ- حماية جميع النوافذ والأبواب ، ومخارج الطوارئ من أخطار الحريق التى قد تنتج أساسا وتبدأ فى محول التوزيع.

ب- ترك مسافة كافية أو استخدام حواجز وقاية ضد أخطار الحريق ، استخدام إطفاء مائى أوتوماتيكى ، واستخدام حواجز خاصة وأعتاب (Curbs) لحجز الزيت وتصريفه لعدم انتشاره حول الموقع أثناء أخطار الحريق.

٢-١٣-٣ أماكن تركيب المحولات المغمورة فى سوائل تبريد ذات درجة اشتعال لا تقل عن ٣٠٠ درجة مئوية

(Less Flammable Liquid Insulated Transformers)

١- التركيب داخل الغرف (Indoor Installation)

لا يحبذ تركيب هذا النوع المذكور فى البند (٢-٢) بداخل أى مبنى إلا إذا توافرت فى المبنى المعايير والمقاييس الكاملة ضد الحريق والإنفجار الذى ينجم عن أخطاء التشغيل بالمحول وإذا تطلب الأمر فلابد أن تكون إنشاءات المبنى متضمنة الحوائط والقوائم ، والحوامل والأرضيات والأسقف من مواد غير قابلة للاشتعال ، أو على الأقل مقاومة للاشتعال لدرجة عالية. فضلا على التأكيد بعدم وجود أى تخزين لأى مواد قابلة للاشتعال فى المبنى.

وإن لم تتوافر هذه المعايير والمقاييس فيستحسن تركيبه داخل (غرفة خاصة) أى قبو تتوافر فيه المواصفات المذكورة فى البند (٢-١٦).

وفى كل الأحوال إذا زاد جهد التشغيل الابتدائى بمحول التوزيع المطلوب عن ٣٥ ك.ف فيجب تركيبه داخل قبو خاص (Vault) تتوافر فيه المواصفات والمعايير المذكورة فى البنود السابقة.

٢- التركيب فى الخارج (Outdoor Installation)

يمكن تركيب هذا النوع من المحولات فى الخارج مجاورا أو ملحقا على أحد المبانى بشرط توافر المعايير الآتية :

أ- حماية جميع المواد المجاورة للمحول والقابلة للاشتعال ، وكذلك النوافذ والأبواب ومخارج الطوارئ من أخطار الحريق التى قد تنتج من أخطاء التشغيل بالمحول.

ب- توفير نظام إطفاء ذاتى للحرائق وكذلك توفير حاجز (Curbs) يحيط بموقع المحول لحجز سائل التبريد وعدم انتشاره عند حدوث حريق بالمحول.

٢-١٣-٤ تركيب المحولات المغمورة فى سائل تبريد عازل غير قابل للاشتعال (Non-Flammable Fluid – Insulated Transformers)

هذا النوع من المحولات يمكن اختياره لتركيبه داخل أو خارج المباني (Indoors or Outdoors Installation) تبعا لشروط التركيب المطلوبة. وفى حالة ما زاد جهد التشغيل الابتدائى عن ٣٥ ك.ف. فيجب تركيبه داخل قبو خاص (Vault) تتوافر فيه الشروط والمعايير المذكورة فى البند (٢-١٦).

بالإضافة إلى إنشاء حاجز محيط بالمحول لحجز سائل التبريد وعدم انتشاره عند حدوث أخطار الحريق ، فضلا على التأكيد بوجود نظام تهوية خاص يعمل فور زيادة الضغط بالقبو عن الحد المسموح به. كما يجب التأكيد على وجود أى نظام يسمح بامتصاص أى غازات ناتجة من تشغيل المحول وتوصيلها مثلا إلى أى مدخنة أو أى وسيلة للتخلص منها فى مكان آمن.

٢-١٤ المعدات الإضافية (Accessories)

١- جهاز بوكهولز للحماية (Buchholz Relay Protection)

هذا الجهاز يجب أن يلحق مع محولات التوزيع بدءا من ٢٥٠ ك.ف.أ أو أكثر من ذلك ، حيث يعطى توضيحا شاملا عن الأخطاء الداخلية بالمحول أو بعض العيوب الأخرى الخفية الخاصة به :

١- عدم كفاءة عمليات التبريد أو النقص فى سائل التبريد المستخدم.
٢- بيان لمعدل تدفق سائل التبريد الداخلى بين خزان المحول والأجزاء المحيطة الواقية.
٣- بيان بمعدل تكون الغازات الداخلية أثناء فترة التشغيل.

٢- ترمومترات حرارية بسيطة (Simple Thermometers)

يلحق فى كثير من الأحيان ترمومترات حرارية بسيطة تبين مباشرة درجات الحرارة وخاصة فى الطبقات العليا من سائل التبريد الخاص بالمحول.

٣- ترمومترات حرارية مرتبطة مع نظام الحماية الشامل (Contact Thermometers)

تلحق هذه الترمومترات مع محولات التوزيع لبيان درجات الحرارة لسائل التبريد بالمحول مع إعطاء إشارات تحذير إذا ما زادت درجات الحرارة بالمحول عن حد معين متفق علية مسبقا عند ضبط الجهاز. وإذا تطلب الأمر وزادت درجات الحرارة عن حد آخر متفق عليه أيضا فإن هذه الترمومترات تقوم أوتوماتيكيا بإعطاء إشارة تحكم لفصل القاطع الرئيسى الخاص بهذا المحول.

٤- ترمومترات حرارية قرصية (Dial – Type Tele – Thermometers)
إذا تعذر الأمر لإلحاق الترمومترات الحرارية البسيطة أو الترمومترات الحرارية المرتبطة مع نظام الحماية للمحول لأسباب فنية أثناء تركيب محولات التوزيع ، فإنه يمكن استخدام هذه الأنواع من الترمومترات ذات الأنابيب الشعرية الخاصة لإعطاء بيان كامل عن معدلات درجات حرارة التشغيل داخل المحول ، ويمكن تزويد هذه الترمومترات بأطراف مساعدة للاتصال بنظام التحذير أو لفصل القاطع الرئيسى إذا زادت درجات حرارة التشغيل عن حد معين وتطلب الأمر ذلك.

٥- مراقب ومنظم للحرارة (Temperature Monitor)
يمكن إلحاق جهاز مراقبة لتنظيم وضبط درجات حرارة تشغيل المحول والاحتفاظ بها عند الحد المتفق علية مسبقا تبعا لنوعية محولات التوزيع ويقوم هذا الجهاز بإعطاء إشارة تشغيل لنظام التحكم لزيادة ورفع عمليات التبريد أو لتقليل الحمل الواقع على المحول إذا تطلب الأمر ذلك.

٦- جهاز لامتصاص أو إزالة الرطوبة (Dehydrating Breather)
لتقليل تسرب الرطوبة من منافذ الهواء إلى داخل المحول فإنه ينصح دائما وخاصة فى الأماكن ذات الرطوبة العالية بتركيب جهاز امتصاص الرطوبة المملوء عادة بمادة السليكا - جل (Silica - Gel) لمنع تسرب الرطوبة إلى سائل التبريد بداخل المحول مما قد يقلل من كفاءة عزلة وتغيير خواصه الكهربائية.

٢-١٥ الحماية الكهربائية للمحولات (Transformer Protection)

٢-١٥-١ محولات ذات جهد أكبر من ٦٠٠ فولت
محولات توزيع القدرة الكهربائية الثلاثية الطور التى يزيد جهد تشغيلها على أطراف الجانب الابتدائى والثانوى عن ٦٠٠ فولت يجب حمايتها كهربائيا ضد زيادة التيار الناتجة عن أخطاء التشغيل.
وطبقا للمقاييس والمعايير العالمية المتبعة فإن محولات توزيع القدرة التى يزيد جهد تشغيلها عن ٦٠٠ فولت يمكن حمايتها إما :
أ- باستخدام مجموعة من المصهرات العيارية.
ب- باستخدام قواطع التيار الأوتوماتيكى (Circuit Breaker) .
الأشكال (٢-٧) ، (٢-٨) توضح كيفية حماية المحولات مع مراعاة ما يلى :

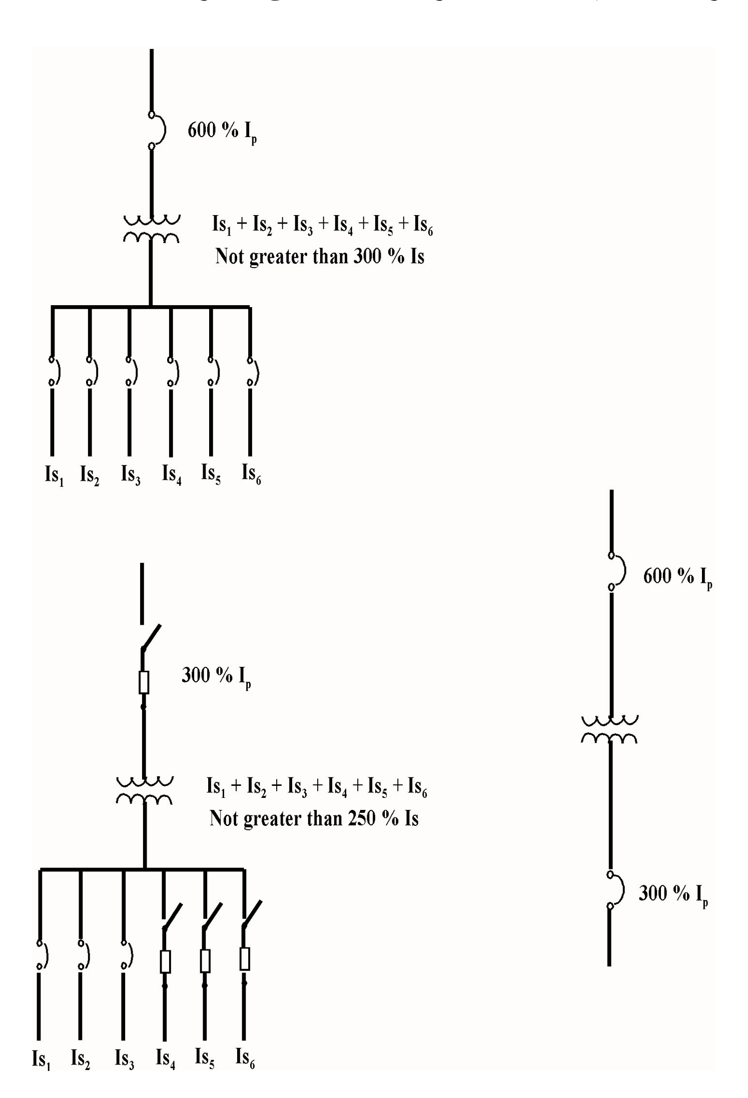
١- بالنسبة للجانب الابتدائى من المحول
أ- أن يتم اختيار أو ضبط قاطع تيار الحماية لفتح الدائرة عند تيار لا يزيد عن ٦ أضعاف التيار المقنن للجانب الابتدائى للمحول.
ب- فى حالة استعمال مجموعة واحدة من المصهرات كبديل للقاطـــع فإنه يجب اختيارها بتيار لا يزيد عن ٣ أضعاف التيار المقنن للجانب الابتدائى للمحول.
ج- إذا كانت المصهرات من النوع الذى يعمل إلكترونيا فيجب ضبطها لفتح (تحمي) الدائرة مثل قاطع التيار تماما ، أى عند تيار لا يزيد عن ٦ أضعاف التيار المقنن للجانب الابتدائي.

وفى كل الأحوال يجب مراعاة اختيار المصهرات أو قواطع التيار لأقرب قيم معيارية بشرط ألا تقل عن التيار المطلوب.

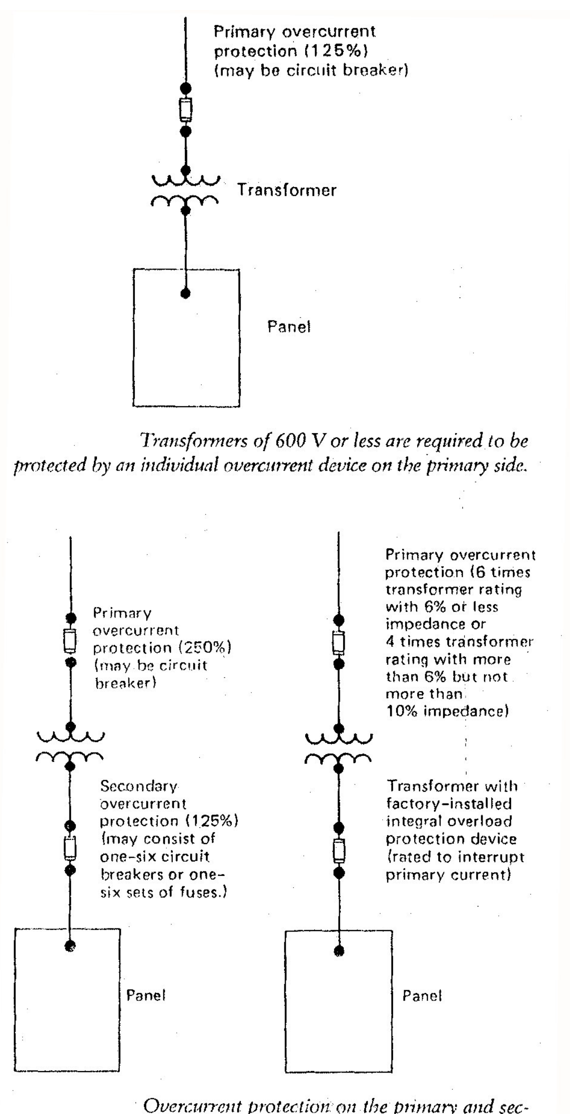
٢- بالنسبة لحماية الجانب الثانوى من المحول

أ- يمكن حماية الجانب الثانوى من محولات التوزيع بإستخدام مجموعة واحدة من مصهرات الحماية أو بإستخدام قاطع تيار أوتوماتيكى واحد أو بخليط من مجموعة من المصهرات والقواطع معا.

ب- فى حالة إستخدام مجموعة مختلفة من وسائل الحماية (قواطع ، مصهرات أو قواطع و مصهرات) ويجب مراعاة ألا يزيد مجموع التيار المقنن لهذه الوسائل معا عن التيار المقنن لإستخدام قاطع واحد أو مجموعة مصهرات واحدة لحماية الجانب الثانوى بأى حال من الأحوال.



شكل (٢-٧) حماية المحولات



Transformers of 600 V or less are required to be protected by an individual overcurrent device on the primary side.

Overcurrent protection on the primary and secondary sides of transformers rated 600 V or less.

شكل (٢-٨) تابع حماية المحولات

٢-١٥-٢ محولات ذات جهد أقل من ٦٠٠ فولت

١- حماية الجانب الابتدائى فقط

يمكن حماية الجانب الإبتدائى فقط من المحول إما باستخدام قاطع تيار أوتوماتيكى أو مجموعة من مصهرات الحماية بحيث لا يزيد تيارها المقنن عن ١,٢٥ من التيار المقنن للملفات الابتدائية بالمحول.

٢- حماية الجانب الابتدائى والجانب الثانوى للمحول

أ- يتم حماية الجانب الثانوى بقاطع تيار أوتوماتيكى أو مجموعة واحدة من المصهرات أو بخليط منهما معا بحيث لا يزيد عددهم عن ٦ بأى حال من الأحوال وألا يزيد مجموع تياراتهما المقننة معا عن ١,٢٥ التيار المقنن للملفات الثانوية بالمحول.

ب- الحمايـة المقابلـة للجانـب الابتدائـى تـتم باسـتخدام قاطـع تيـار أوتوماتيكـى أو مجموعـة واحـدة مـن المصهرات بحيث لا يزيد التيار المقنن لأيهما عن ٢,٥ التيار المقنن للملفات الابتدائية بالمحول.

ج- إذا كـان محـول التوزيـع مـزود بجهـاز تنسيق متكامل للحمايـة الحـرارية فيجب ضـبط الجانـب الابتدائى لتيار لا يزيد عن ٦ أضعاف التيار المقنن للملفات الابتدائية فى حالة ما إذا كانت معاوقة المحول ٦ % أو أقل أما إذا زادت معاوقة المحول عن ٦ % فيجب ضبط وتنسيق الحماية على الجانب الابتدائى لتيار لا يزيد عن ٤ أضعاف التيار المقنن للملفات الابتدائية بالمحول.

الجدول رقم (٢-١٢) يوضـح القيم الأساسية والمناسبة لحمايـة محـولات التوزيع طبقا للمعايير العالمية (NEC).

جدول (٢-١٢) حماية محولات التوزيع لجهد تشغيل مختلف (القيم العظمى المقننة لأجهزة الحماية أو المدى المناسب لضبطها)

حماية الجانب الابتدائى للمحول لجهد أعلى من ٦٠٠ فولت		حماية الجانب الثانوى للمحول لجهد أعلى من ٦٠٠ فولت		لجهد يساوى أو أقل من ٦٠٠ فولت فى الثانوي	معاوقة المحول المئوية
ضبط القاطع	مقنن المصهر	ضبط القاطع	مقنن المصهر		
٦٠٠ %	٣٠٠%	٣٠٠ %	١٥٠ %	٢٥٠ %	٦ % فأقل
٤٠٠ %	٢٠٠ %	٢٥٠ %	١٢٥ %	٢٥٠ %	أكثـر مـن ٦ % وحتى ١٠ %

٢-١٦ غرف المحولات الخاصة (Transformer Vault)

٢-١٦-١ اختيار مكان غرفة محولات التوزيع (Location)

عند اختيار مكان غرف المحولات الخاصة (Vault) يجب أن تكون فى موقع يسمح بالتهوية الطبيعية إلى الهواء الخارجى دون استعمال أنابيب أو قنوات لدفع هواء التبريد إلى هذه الغرف.

٢-١٦-٢ حوائط وأسقف وأرضيات غرف المحولات

عند تصميم هذه الغرف يجب الأخذ فى الاعتبار نوعية مواد حوائط وأسقف الغرفة بحيث تتحمل إجهادات التـركيب العاليـة الـواقعة عليها وأن تكون مقاومـة للحـرائق لمـدة لا تقل عـن ٣ سـاعات طـبقا للمعاييـر والمقاييس العالمية (IEC or NEC).

أما أرضيات الغرفة فتصنع من الخرسانة المسلحة بسمك لا يقل بأى حال عن ٤ بوصة (١٠٢ مم) ، وفى حالة ضرورة تواجد مخزن تحت أرضية الغرفة فيجب تصميم تلك الأرضية بحيث تتحمل كل التركيبات الواقعة عليها وتكون من مادة أو مواد مقاومة للحرائق لمدة لا تقل أيضا عن ٤ ساعات. ويجب مراعاة عدم استخدام أى قوائم خشبية أو ألـواح مضـغوطة صناعية فى إنشاء حوائط أو أسقف وأرضيات غرف

المحولات بأى حال من الأحوال حيث أن هذه المواد تنهار عند حدوث حرائق بسبب أخطاء التشغيل بغرفة المحول.

٢-١٦-٣ أبواب غرف المحولات (Doorways)

عند إنشاء غرف المحولات يجب مراعاة الآتى :

١- أن تكون جميع فتحات الأبواب المؤدية إلى غرف المحولات من داخل المبنى مزودة بأبواب محكمة الغلق جيدا ومن مواد مقاومة للاحتراق لمدة لا تقل عن ٣ ساعات ، وقد يمتد شرط هذه الأبواب أيضا إلى الفتحات الخارجية للمبنى المحيط بغرفة المحولات إذا اقتضى الأمر ذلك بناء على تعليمات الأمان العامة للمبنى. وفى حالة ما إذا كان هناك أجهزة إطفاء مساعدة مثل انتشار أجهزة الإطفاء بثانى أكسيد الكربون ، أجهزة غاز الهالون ، رشاشات المياه حول المحول فيكتفى بتركيب أبواب مقاومة للحريق لمدة لا تقل عن ساعة واحدة فقط بدلا من ٣ ساعات.

٢- أبواب غرفة المحولات كلها يجب أن تزود بأرصفة (عتبة Curbs) محكمة ودقيقة لحجز أى زيت قد يتسرب من المحول ، وفى كل الأحوال لا يصح أن يقل ارتفاع عتبة أى باب عن ٤ بوصة (١٠٢ مم) ، وتصنع أيضا من مواد مقاومة للاحتراق.

٣- يجب تزويد كل الأبواب الخاصة بغرفة المحولات بأقفال (Locks) لإحكام غلقها باستمرار ولا يسمح بدخولها إلا للمختصين والقائمين على التشغيل. أبواب خروج العاملين من غرف المحولات يجب مراعاة تصميمها بحيث تفتح بسهولة وقت اللزوم فور استقبالها لإشارة الفتح من صمامات ضغط خاصة (أقراص ضغط) أو خلافه عند حدوث أى خطر من أخطار التشغيل.

٢-١٦-٤ فتحات التهوية (Ventilation Openings)

فتحات التهوية تصمم لإقرار المواصفات المذكورة فى بند (٢-٩) من هذا الكود. ويراعى فى تصميمها:

١- مكان فتحات التهوية (Location)

يجب توصيف وإقرار تصميم مكان فتحات التهوية (Location) بحيث تكون بعيدة بقدر الإمكان من الأبواب ، النوافذ ، مخارج الطوارئ ، وبعيدة عن المواد القابلة للاشتعال.

٢- مساحة فتحات التهوية (Size)

يراعى عند تصميم نظام التهوية الطبيعى لغرفة المحولات الخاصة (Vault) أن تكون المساحة الصافية الكلية للفتحات (Size) كلها بعد طرح المساحات الخاصة بالحواجز وريش التهوية (Louver) وخلافه لا تقل بأى حال عن ٦٥ سم^{٢} لكل ك.ف.أ من السعة الكلية للمحول ، وفى كل الأحوال لا يصح أبدا أن تقل المساحة الكلية الصافية عن ٩٠٠ سم^{٢} لأى محول توزيع تقل سعته عن ٥٠ ك.ف.أ.

٣- ترتيب فتحات التهوية (Arrangement)

ترتب فتحات التهوية الطبيعية لغرف المحولات بحيث تكون نصف مساحة فتحات التهوية تقريبا بالقرب من أرضية المحول ، وقد يأتى الهواء من خلال فتحة واحدة أو أكثر – أما النصف الأخر للمساحة الكلية لفتحات التهوية فيكون بالقرب من سقف الغرفة ، وقد يخرج الهواء من خلال فتحة واحدة أو أكثر ، ويسمح أيضا ببديل أخر لهذا النظام وهو وضع فتحات التهوية كلها بالقرب من السقف أو بالقرب منه من خلال فتحة واحدة أو أكثر تبعا للتصميم المطلوب.

٤- تغطية فتحات التهوية (Grating)

يجب تغطية فتحات التهويه بحاجز شبكى أو ريش تهوية حاجزة أو حجاب سلكى (Screen) بحيث يحافظ على معايير الأمان المناسبة لغرفة المحول.

٥- تزويد أبواب الدخول للغرفة بأجهزة إخماد للحريق (Dampers)

يراعى تزويد جميع الأبواب المؤدية للدخول إلى غرفة المحول بأجهزة خاصة لإخماد الحريق فى حالة نشوبه ، وهذه الأجهزة يجب أن تعمل أوتوماتيكيا فور وقوع أحداث الحريق ولمدة تشغيل لا تقل عن ١,٥ ساعة.

٦- قنوات التهوية (Ducts)

يجب تصميم قنوات التهوية من مواد مقاومة للحرائق.

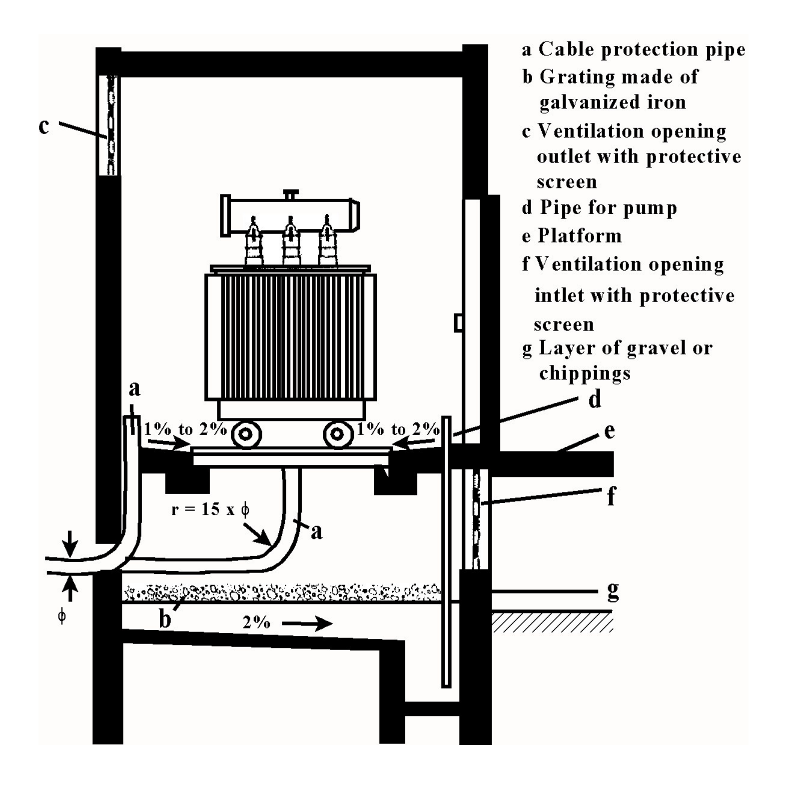
٢-١٦-٥ الصرف لغرف المحولات (Drainage)

يراعى فى غرف المحولات (Vaults) وخصوصا تلك التى تبدأ سعتها من ١٠٠ ك.ف.أ أن تزود ببالوعة صرف أو ما يماثلها للتخلص من أى تجمع مائى أو زيتى بحيث يخضع ذلك النظام كاملا للشروط الجارية فى منطقة موقع المحول ، وإذا ما توفر ذلك تصمم غرفة المحولات (Vaults) بدرجة ميل مناسبة نحو التصريف الذى تم إقراره. شكل (٢-٩) يوضح أحد أشكال التصميمات الخاصة بغرف المحولات (Vaults) طبقا للمقاييس العالمية (VDE) ، ويمكن الاستعانة به كدليل مؤكد عند تصميم أحد غرف المحولات فى الموقع المطلوب.

٢-١٦-٦ مواسير المياه وملحقاتها (Water Pipes and Accessories)

لا يسمح بتركيب أى نظام لمواسير المياه المعتادة أو ما شابهها من قنوات أو خلافة داخل غرفة المحولات (Vaults) ، بل يتعدى الأمر ذلك فلا يسمح بمرور مثل هذه التركيبات خلال غرفة المحولات ، ويجب مراعاة أن المواسير والملحقات الأخرى الخاصة بإطفاء الحرائق أو عمليات التبريد لا تعتبر مواسير معتادة ويسمح بتركيبها داخل غرفة المحولات طبقا للقواعد والمعايير والمقاييس العالمية المعمول بها فى هذا الشأن.

٢-١٦-٧ التخزين بغرف المحولات (Storage in Vaults)
يجب مراعاة عدم السماح نهائيا بتخزين أى مواد داخل الغرف الخاصة بمحولات التوزيع.



شكل (٢-٩) أحد التصميمات العيارية لغرفة المحول

٢-١٧ المحولات الذاتية (Auto Transformers)
أى محول نمطى بملفات لكل من دائرة الابتدائى والثانوى يمكن تحويله إلى محول ذاتى (Auto transformers) وذلك بإعادة توصيل ملفاته طبقا لنظام (NEC) المعروف.

ويجب مراعاة المعايير والقواعد الهامة الآتية عند إعادة توصيل أحد المحولات النمطية بالموقع إلى محول ذاتى :

أ- التيار المار فى أى جزء من الملفات لا يجب أن يزيد عن التيار المقنن الأساسى لهذه الملفات.
ب- الجهد على أطراف أى جزء من الملفات لا يجب أن يزيد عن الجهد المقنن الأساسى لهذه الملفات.
ج- توفير احتياجات الأمان اللازمة فى التطبيقات بالموقع حيث أن التوصيل المباشر بين ملفات الابتدائى والثانوى يمثل عاملا خطيرا عند الاستخدام.
د- يجب اختبار عزل المحول على جهد قدرة ٢٥٠٠ فولت للملفات التى تعمل على جهد مقنن قدرة ٢٥٠ فولت أو أقل أو أن تختبر على جهد قدرة ٤٠٠٠ فولت للملفات التى تعمل على جهد مقنن أعلى من ٢٥٠ فولت وحتى ٦٠٠ فولت.
هـ- إذا استخدم المحول فى تنظيم جهد خطوط التوزيع بالموقع يجب مراعاة أن يتم اختبار ملف الجهد المنخفض على جهد يعادل مجموع الجهد المقنن لكل من الملف الابتدائى والثانوى معا.

ويفضل استخدام المحولات الذاتية عادة فى بدء المحركات الحثية ، وفى تنظيم الجهد لخطوط توزيع الكهرباء بالموقع أو فى خلق نقط التعادل للنظام الكهربائى بالموقع إذا تطلب الأمر ذلك.

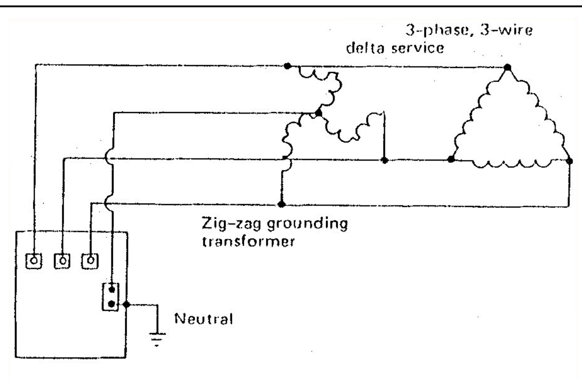
٢-١٨ المحولات الذاتية لتكوين نقط التعادل

فى المواقع التى تضم نظم كهربائية ثلاثية الطور فقط (3-Phase - 3-Wire) يمكن استخدام المحولات الذاتية المتصلة معا بطريقة الزجزاج (Zigzag) أو بطريقة (T-Connection) لخلق نقطة التعادل لأغراض التوزيع الكهربى (3-Phase – 4-Wire) أو بغرض استخدام نقط التعادل لعمليات الحماية الأرضية (Grounding).

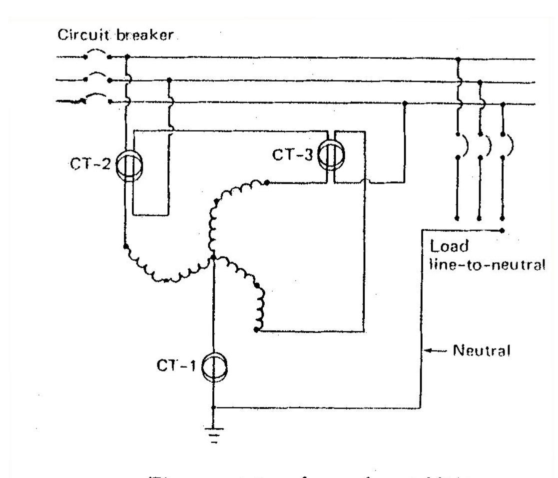
الأشكال الموضحة تبين النظام العالمى المتفق عليه لاستخدام المحولات الذاتية المتصلة بطريقة الزجزاج لأغراض التطبيقات المذكورة أعلاه شكل (٢-١٠) ويجب مراعاة المعايير الآتية والمتفق عليها طبقا للنظم العالمية :

١- المحولات الذاتية لخلق نقط التعادل يجب توصيلها مع موصلات النظام الكهربائى الغير متصلة بالأرض ، ويجب عدم حماية المحولات بأجهزة حماية تعمل على فصل المحولات الذاتية بل يجب على هذه الأجهزة أن تعطى إشارة التشغيل لأجهزة الحماية الرئيسية بالمحول لفصل الدائرة.

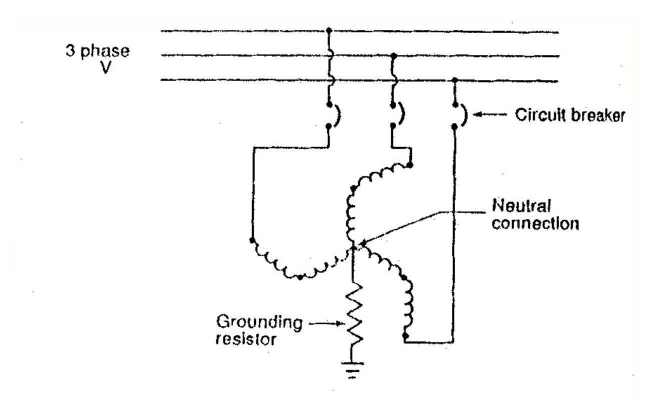
٢- يتم حماية المحولات الذاتية بأجهزة حماية ضد زيادة التيار بحيث تعطى الإشارة لأجهزة الحماية الرئيسية بالنظام لفتح الدائرة عند زيادة التيار عن ١٢٥ % من التيار المقنن للمحول الذاتى.



A zig-zag autotransformer used to create a 3-phase, 4-wire distribution system or to provide a neutral reference for grounding purposes.



Zig-zag autotransformer for establishing a neutral connection for a 3-phase ungrounded system to supply single-phase, line-to-neutral loads.



Zig-zag autotransformer for establishing a reference ground-fault current for fault-protective device operation or for damping transitory overvoltage surges.

شكل (٢-١٠) استخدامات المحولات الذاتية لخلق نقط التعادل

٣- يتم حماية المحولات الذاتية المستخدمة ضد الأخطار الداخلية التى قد تحدث أو ضد فتح دائرة أحد مراحله بحيث تعطى هذه الأجهزة الإشارة اللازمة للمفتاح الرئيسى بالنظام لفصل الدائرة الكهربائية.
٤- يجب أن يتحمل موصل التعادل فى المحولات الذاتية تيارا يعادل أكبر تيار محتمل نتيجة عدم أتزان الأحمال على نظام التوزيع الكهربى (3-Phase, 4-Wire).

٢-١٩ التشغيل على التوازى (Parallel Operation)

محولات التوزيع يمكن توصيلها بالتوازى لتتقاسم الأحمال الكهربائية وذلك بتوصيل كل من أطراف جانبى الجهد العالى وجانبى الجهد المنخفض معا بشرط مراعاة القواعد الأساسية الهامة الآتية :

١- محولات التوزيع التى تنتمى لنفس مجموعة المتجهات (Vector Group) توصل الأطراف المتطابقة معا على كل من جانبى ملفات الجهد العالى وملفات الجهد المنخفض للمحول.
٢- محولات التوزيع التى تنتمى لمجموعة المتجهات (Vector Group 5) و (Vector Group 11) يجب توصيل أطرافها معا طبقا للنظام الموضح بجدول (٢-١٣) المنبثق من النظام الألمانى العالمى.
٣- نسبة التحويل لمحولات التوازى يجب أن تكون متطابقة – كما يحب أيضا تطابق نقط التماس الفرعية (Tapping) على كل محولات التوازى.
٤- معاوقة الجهد المقننة لمحولات التوازى (Rated Impedance Voltage) يجب أن تكون متساوية بقدر الإمكان (فى حدود ١٠ %) كما يجب مراعاة أن المحول ذو القدرة الكهربائية الأقل تكون معاوقة الجهد له أعلى لو أمكن ذلك.
٥- الفرق فى القدرة الكهربائية لمحولات التوازى يجب ألا يزيد عن نسبة (٣ : ١).

٢-١٩-١ التشغيل الاقتصادى لمحولات التوازى

عند توصيل محولات التوزيع معا بالتوازى يجب الأخذ فى الاعتبار القدرة الكهربائية المفقودة وليس فقط القدرة الكهربائية المطلوبة عند التشغيل ، إذ أن :

القدرة المفقودة الكلية = المفاقيد الحديدية + a^2 (المفاقيد النحاسية للحمل الكامل)

حيث (a) تمثل نسبة التحميل المئوية نظرا لأن نسبة المفاقيد الثابتة إلى المفاقيد الكهربائية المتغيرة بمحولات التوزيع تكون فى حدود (١ إلى ٥)، فإن المفاقيد الكهربائية الكلية لمحولات التوزيع على التوازى عند نصف الحمل تقل كثيرا عن تلك المفاقيد المقابلة لأحد هذه المحولات عندما يعمل عند الحمل الكامل.

وعلى ذلك وبغرض التشغيل الاقتصادى لمحولات التوزيع يراعى تشغيلها على نصف الحمل بقدر الإمكان ويراعى فى كل الأحوال حماية محولات التوزيع والتى تعمل معا بالتوازى طبقا لنظم الحماية التى سبق شرحها بالتفصيل فى البند (٢-١٥).

٢-٢٠ زيادة التحميل على محولات التوزيع

محولات التوزيع يمكن زيادة التحميل الكهربى عليها عند الاضطرار وذلك لفترات قصيرة طبقا للقيم المسموح بها والمبينة بجدولى (٢-١٤) و (٢-١٥) لكل من المحولات المغمورة فى سوائل عازلة أو المحولات الجافة.

جدول (٢-١٣) توصيل المحولات على التوازي

Required clock-hour number	Existing clock-hour number	Connection to the terminals	
		High-voltage RST	Low-voltage rst
5	5	1U 1V 1W	2U 2V 2W
	11	1U 1W 1V or 1W 1V 1U or 1V 1U 1W	2U 2W 2V or 2W 2V 2U or 2V 2U 2W
11	11	1U 1V 1W	2U 2V 2W
	5	1U 1W 1V or 1W 1V 1U or 1V 1U 1W	2W 2V 2U or 2V 2U 2W or 2U 2W 2V

جدول (٢-١٤) سعة زيادة التحميل للمحولات المغمورة فى الزيت أو السائل العازل

Prior Continuous load in % of rated power	Duration of overload in % of rated power				
	10 % h	20 % h	30 % min	40 % min	50 % min
50	3	1.5	60	30	15
75	2	1.0	30	15	8
90	1	0.5	15	8	4

جدول (٢-١٥) سعة زيادة التحميل للمحولات الجافة

Prior Continuous load in % of rated power	Duration of overload in % of rated power				
	10 % h	20 % h	30 % min	40 % min	50 % min
50	60	30	20	15	12
75	55	23	15	11	9
90	45	16	10	7	5

٢-٢١ الملاحق

٢-٢١-١ القيم المقننة المفضلة (Preferred Values)

طبقا للنظم العالمية (IEC & VDE) فإن القيم المفضلة عند اختيار محولات التوزيع الكهربائية هى :

١- القدرة المقننة بالكيلو فولت أمبير Rated (KVA)

50, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500, 200

٢- جهد الدخل والخرج

V_{Input} (KV) : 3.3, 6.6, 11, 22, 33
V_{Out} (V) : 230, 380, 6300

٣- طريقة توصيل الملفات (مجموعة المتجهات)

Connection Group: Yyn0, Dyn5, Dyn11, Yzn5

٤- جهد المعاوقة المئوية

Rated Impedance Voltage: 4 % for rated power up to 630 KVA
6 % for rated power up to 2000 KVA

٢-٢١-٢ اختيار المحول (Selection)
فيما يلى أهم التوصيات التى يجب مراعاتها عند اختيار المحول :

أ- القيم المقننة (Rated Quantities)
جميع القيم المقننة لمحولات التوزيع (القدرة ، الجهد ، نسبة التحويل ، جهد المعاوقة المئوية) يتم اختيارها بناء على المتطلبات الأساسية الكهربائية للموقع.

ب- القدرة المقننة (Rated Power)
يتم اختيار قدرة المحول المناسب بتحديد القيمة العظمى الفعالة للقدرة الكهربائية المطلوبة للموقع سواء عن طريق حسابات التصميم أو عن طريق القياس ثم إضافة نسبة مقدارها ٤٠ % تقريبا لتغطية حالات البدء المختلفة للمحركات وكذلك إضافة نسبة أخرى زيادة عن المطلوب للوفاء بالزيادة المتوقعة فى أحمال توسعات الموقع.

هذه القدرة الكهربائية يجب تحويلها إلى (Rated KVA) عن طريق معامل القدرة (Cos Φ) المتوقع للحمل الكهربى.

ج- جهد المعاوقة المئوى
يفضل اختيار محولات التوزيع بمعاوقة جهد مقداره فى حدود ٤ % لتقليل الجهد المفقود فى الموقع بقدر الإمكان.

د- المحولات المغمورة فى الزيت
يفضل استخدام هذا النوع من محولات التوزيع بصفة عامة فى المواقع المختلفة طالما تم أخذ الاحتياطات اللازمة ضد أخطار الحريق.

هـ- المحولات الجافة
مناسبة جدا للمواقع التى تتطلب كثيرا من الأمان أثناء التشغيل حيث أنها غير قابلة للاشتعال – كما أنها لا تحتاج إلى مساحات كبيرة لتركيبها فى الموقع ويفضل استخدامها مع جهد تشغيل لا يزيد عن ٢٢ ك.ف.

و- (Vector Group)
يفضل استخدام محولات التوزيع التى تنتمى إلى مجموعة المتجهات من النوع (Yyn0) حيث أنها مناسبة جدا لكل محولات التوزيع ذات القدرات المختلفة. هذا النوع من المحولات يناسب تماما تشغيل المحركات الكهربائية تحت ظروف التحميل المتنوعة.

إن لم يتوافر محول توزيع من نوع (Yyn0) فيمكن استخدام محولات توزيع تنتمى إلى مجموعة المتجهات (Dyn5) أو (Dyn11).

٢-٢١-٣ توصيات عند شراء المحول

المعلومات والمعايير الآتية يجب التأكيد عليها عند شراء أى من محولات التوزيع لأحد المواقع :

١- القدرة المقننة (Rated Power in KVA)
٢- الجهود المقننة (Rated Voltages)
٣- التردد المقنن (Rated Frequency)
٤- مجموعة المتجهات (Connection Group)
٥- جهد المعاوقة المئوى (Rated Impedance Voltage %)
٦- نسبة التحويل (Voltage Ratio)
٧- نوع المحول (Dry or Oil-Immersed, etc)
٨- نوع التبريد (Cooling Type)
٩- التركيب داخل المبنى أو خارجه (Indoor or Outdoor)
١٠- طريقة التأريض (Earthing System)
١١- نوع التوصيلات الفرعية أن وجد (Tap Changers, off load or on load)
١٢- ملحقات المحول الإضافية
١٣- حدود ارتفاع درجة حرارة التشغيل والظروف المناخية للموقع (Temperature Limits and Atmospheric Condition)
١٤- درجة العزل بالمحول (Insulation Level)
١٥- لوحة بيانات واضحة وكاملة (Name Plate Data, Weather Water Proof Fitted in a Visible Position)
١٦- كابلات التوصيل (عددها ، نوعها ، مساحتها) (Cable and Boxes)

٢-٢١-٤ صيانة محولات التوزيع

يجب إتباع القواعد والمعايير الهامة الآتية عند صيانة محولات التوزيع مع مراعاة أن جميع أعمال الصيانة بالمحولات تتم فقط بعد التأكد من فصله تماما عن المصدر وأن جميع أطرافه متصلة معا بالأرض (Earthed).

أ- صيانة المحولات الجافة

١- يجب تنظيف المحول جيدا من الأتربة والتلوث المحيط وذلك بصورة منتظمة مع الاستعانة بمنفاخ كهربى وأحد مكانس سحب الأتربة لإتمام هذا العمل.
٢- يجب قياس درجة العزل بين الملفات وكذلك بين الملفات والأرض للتأكد من وقت إلى أخر من سلامته وخلوه من الرطوبة المؤثرة على مستوى هذا العزل.

القيم الآتية تعد من المعايير العالمية لتقدير مقاومة العزل السليمة بالمحول مقاسة عند درجة حرارة الجو المحيط.

مقاومة العزل = ١٥ ميجا أوم	لجهد تشغيل حتى ١٠٠٠ فولت
مقاومة العزل = ٢٥ ميجا أوم	لجهد تشغيل (١٠٠٠ وحتى ٥٠٠٠ فولت)
مقاومة العزل = ٤٠ ميجا أوم	لجهد تشغيل (أعلى من ٥٠٠٠ فولت)

وإذا قلت مقاومة العزل عن القيم السابقة فهناك شك فى تسرب بعض الرطوبة إلى عزل المحول ، ويجب إجراء بعض عمليات التجفيف للتخلص منها.

٣- عند إجراء أى تجديدات بغرفة المحولات الجافة ، يجب التأكد من تغطية المحولات جيدا لحمايتها من الأتربة ، والدهانات ، والرطوبة أو أى ملوثات أخرى مؤثرة ، كما يجب تهوية الغرفة أثناء هذه العمليات.

٤- المحولات الجافة المعزولة بالـ (Cast Resin) تكاد لا تحتاج إلى أى صيانة منتظمة مثل المحولات الجافة العادية ، ولا تحتاج أيضا إلى عمليات التخلص من الرطوبة.

ب- صيانة المحولات المغمورة فى الزيت أو أى سائل عازل أخر

١- يجب وبصورة منتظمة فحص مستوى السائل العازل والتأكد من درجة فعاليته ، ومستوى الرطوبة به ، واختبار السائل للتأكد من درجة مطابقته الدائمة للمواصفات العيارية المطلوبة.

٢- يجب أن تشمل اختبارات عينة السائل على تحديد جهد إنهيار العزل (Breakdown Voltage) وقيمته ٦٠ كيلو فولت للسائل العازل الجديد ، ٣٠ كيلو فولت للسائل العازل المستعمل وإذا قل جهد إنهيار العزل عن ذلك فيجب تغيير السائل أو إعادة ترشيحه واختباره مرة أخرى.

٣- فى حالة إعادة ملء المحول بأحد السوائل العازلة ، فيجب استخدام سائل عازل مطابق تماما للمستخدم سابقا ، ويراعى اختبار السائل الجديد قبل استخدامه للتأكد من مطابقته لقيم جهد إنهيار العزل (Breakdown Voltage) المذكورة أعلاه.

٤- فى حالة تلف دهان المحول فيجب استخدام دهانات مطابقة تماما للمستخدمة سابقا من قبل المصنع الأصلى للمحول ، ويفضل الاتصال بالمصنع لمعرفة ذلك.

الباب الثالث
المفاتيح وتركيبات التوصيلات الكهربائية والوقاية الكهربائية

٣-١ الوقاية الكهربائية

تتعرض الموصلات والمعدات الكهربائية أثناء التشغيل إلى ظروف غير عادية نتيجة أخطاء بالشبكات المغذية أو زيادة الأحمال أو إنخفاض الجهد أو تلف المعدات والتى ينتج عنها تسرب للأرض أو حدوث قصر، لهذا تستخدم نظم الوقاية للحماية من الأضرار التى قد تنتج عن التعرض لهذه الظروف. ويلزم أن يتوفر فى نظام الوقاية خاصية السرعة والحساسية والانتقائية وحسن التمييز بحيث يتم فصل الجزء المعرض للعطل فقط. كما يشترط أن يكون بدرجة حماية مناسبة لمكان وظروف التشغيل مع سهولة عمليات الصيانة والتفتيش الفنى والاختبارات الدورية.

٣-١-١ مرحلات الوقاية Protective Relays

تكون مرحلات الوقاية مطابقة للمواصفات القياسية ومصممة لتعمل بكفاءة فى الظروف المناخية المحيطة (من –٥ درجة م إلى ٤٥ درجة م) كما تعمل بشكل جيد ولا تتأثر بالتغيرات المحتملة فى التردد وذات نقط تلامس جيدة الصنع، وتكون هذه المرحلات داخل غلاف قوى وواجهة زجاجية ودرجة حمايتها IP50 مناسبة، وتكون نقط التلامس مصممة لتحمل تيار متردد أو مستمر مناسب شدته لا تقل عن واحد أمبير. كما يجب أن تحتوى على أطراف لسهولة الاختبار والتفتيش الفني.

٣-١-١-١ الوقاية ضد زيادة التيار Overcurrent Protection

تكون أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار قادرة على تحمل خواص التيار ومناسبة لظروف التشغيل وتركب عند نقط التغذية على أن يسمح نظام التوصيل بعمليات الصيانة والتفتيش الفنى والاختبار بالإضافة إلى إمكانية استخدامها على تيار يصل إلى أقل من ٣/١ تيار الحماية مع ضرورة وجود منحنيات التشغيل وزمن الفصل.

٣-١-١-٢ الوقاية ضد زيادة التيار حتى جهد ٦٠٠ فولت

أ- بالنسبة للمبانى والاستخدامات بالمكاتب والاستراحات وخلافه يراعى كود وزارة الإسكان والكود NEC 210.

ب- بالنسبة لمعدات القوى الكهربائية والمحطات يراعى الآتى :
فى حالة الأحمال ذات الخدمة المستمرة Continuous تستخدم مرحلات لفصل القواطع الكهربائية فصلا مباشرا عند وصول التيار الكهربائى إلى معدل الانقطاع وزمن الفصل طبقا للمنحنيات الفنية وتستخدم نسب التحميل الزائد كالآتى :
إذا كان معامل كفاءة الخدمة الكهربائية Marked Service Factor لا يقل عن ١,١٥ وأقصى ارتفاع فى درجة حرارة المعدة Temperature Rise لا يزيد عن ٤٠ درجة م فيكون الحمل الزائد لا يتعدى ١٢٥ % من الحمل الكامل للمعدة ولا يتعدى ١١٥ % عند الإخلال لأحد الشرطين.

وفى حالة الأحمال ذات الخدمة لفترات متباعدة ولنفس الشرطين عاليه فيكون الحمل الزائد لا يتعدى ١٤٠ % من الحمل الكامل للمعدة ولا يتعدى ١٣٠ % عند الإخلال لأحد الشرطين.

تتحمل محولات التيار الاجهادات الحرارية والديناميكية الناشئة عن تيارات القصر بما يعادل ٦٠ مرة التيار الابتدائى المقنن تقريبا وتيار ديناميكى يعادل ٢,٥ مرة التيار الحرارى المقنن.

٣-١-٣ الوقاية ضد زيادة التيار لجهد أكثر من ٦٠٠ فولت

يتم تغذية مرحلات الوقاية من محولات تيار مناسبة تكون ذات تصميم جيد ويكون الانحراف فى التيار مصمما لتحمل الاجهادات الحرارية والديناميكية الناشئة من تيارات القصر.

يتم توصيل إثنين أو ثلاثة من المرحلات مع محولات التيار للحماية ضد زيادة التيار ويستخدم مرحل إضافى لحماية الخطأ ضد الأرضى سواء كان موصلا على مجموع التيار أو كان يربط الأطوار الثلاثة كما هو موضح بالشكل (٣-١ ، ٣-٢) ويراعى حدود معدلات الحمل الزائد بنفس المعدلات التصميمية فى زيادة التيار لجهد حتى ٦٠٠ فولت (بند ٣-١-١-٢).

ويراعى أن تكون محولات التيار المستخدمة ذات تصميم جيد وأن الانحراف فى التيار الابتدائى متناسب مع الانحراف فى التيار الثانوى مع تقديم منحنيات العلاقات بالنسبة للتيار والفيض المغناطيسى ونسبة التحويل.

يتم إختيار محولات التيار لتحمل الاجهادات الحرارية والديناميكية الناشئة عن تيارات القصر ويعادل التيار الحرارى ١٠٠ مرة التيار الابتدائى المقنن تقريبا والتيار الديناميكى يعادل ٢,٥ مرة التيار الحرارى المقنن. وتعمل المرحلات على عدة أوضاع تحميلية بالنسبة للتشغيل وتحت زمن تأخير على عدة مراحل زمنية وأن تحتوى على الأقل ٢٠ % زيادة عن أقصى حمل تشغيلى.

٣-١-٢ الحماية من القصر Short-Circuit Protection

يجب توفير أجهزة حماية لقطع تيارات القصر فى موصلات الدائرة قبل أن يسبب هذا التيار خطورة وتكون الأجهزة ضد الحماية من القصر قادرة على تحمل خصائص التيار ومناسبة لظروف التشغيل والتناسب المتوالى للدائرة حتى المحول ومناسبة للمواصفات الفنية للمعدات الكهربائية وأوضاع القواطع الكهربائية المتتالية وكذلك المصهرات مع مراعاة حدود التزامن Time Margin وتراعى النسب بالجدول التالى رقم (٣-١)

جدول رقم (٣-١) تحديد مقنن المصهرات لمحركات التيار المتغير والمستمر

نوع المحركات	نسبة من الحمل الكامل %			
	مصهرات بدون زمن	مصهرات بتوقيت زمن	قاطع بدون زمن	قاطع للفصل بعد زمن
محركات طور واحد لجميع الأنواع بدون كود	٣٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
محركات طور واحد لجميع الأنواع من F إلى V	٣٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
محركات طور واحد برمز كودى B إلى E	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محركات طور واحد برمز كودى A	١٥٠	١٧٥	٧٠٠	١٥٠
محركات القفص السنجابى ، محركات تزامنيه بمحولات بدء أقل من ٣٠ أمبير بدون كود	٢٥٠	١٥٠	٧٠٠	٢٠٠

نوع المحركات	نسبة من الحمل الكامل %			
	مصهرات بدون زمن	مصهرات بتوقيت زمن	قاطع بدون زمن	قاطع للفصل بعد زمن
محــركات القفــص الســنجابى ، محــركات تــزامنيه بمحولات أكثر من ٣٠ أمبير بدون كود	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محركات التيار المتردد برمز كودى F إلى V	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محركات التيار المتردد برمز كودى B إلى E	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محركات التيار المتردد برمز كودى A	١٥٠	١٥٠	٧٠٠	١٥٠
محركات ذات قفص سنجابى عميق لا تزيد عن ٣٠ أمبير بدون كود	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
محـركات ذات قفـص سـنجابى عمـيق أكثـر مـن ٣٠ أمبير بدون كود	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محركات تيار مستمر أقل من ٥٠ حصان بدون كود	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	١٥٠
محركات تيار مستمر أكثر من ٥٠ حصان بدون كود	١٥٠	١٥٠	١٧٥	١٥٠

أنظر جدول رقم (٤-١) بالبند(٤-١-٦) فيما يتعلق بتعريفات الرموز الكودية.

٣-٣ الحماية ضد انخفاض الجهد

لحمايـة المعدات مـن الأضـرار التـى تتعرض لهـا عند انخفـاض الجهد المغذى لها عن الجهد العادى يقوم جهـاز الـوقاية بفصـل التغذية بعد فترة قصيرة يتم اختيارها طبقا لظروف التشغيل ونوع المعدة وفى حالة عـودة الجهد إلى قيمته العادية خلال هذه الفترة فإنه يتم اسـتمرار التغذية على ألا يقل هذا الانخفـاض عن (٧٠-٨٥ %) مـن جهد التشـغيل مـع مـراعاة قيمة الـزمن المسموح بـه لإعادة تغذيـة الحمل وذلك حسب نوعه.

٣-١-٤ الحماية ضد خطأ الأرضى

فـى الدوائـر التـى تكون نقطة التعادل متصلة بالأرضى يكون تيار التسرب للأرض كبيرا فى حالة حدوث خطـأ كهربـى ولهذا يستخدم جهـاز وقايـة يمـر بـه مجمـوع التيارات بالأطـوار الـثلاثة، وفـى حالة حدوث تسرب للأرض يمر تيار بهذا الجهاز ويقوم بفصل التغذية الكهربائية فورا أو بعد وقت قليل (حوالى ٠,٥ ثانية). وفـى الدوائـر التـى تكون نقطـة التعادل بها معزولة يكون تيار التسرب للأرض صغيرا وفى هذه الحالـة يكتفـى بـأن يعطـى جهـاز الـوقاية ضد التسرب إنذارا بدون الحاجـة إلـى فصـل التغذية. ولحمايـة الدوائـر التـى تستخدم بها كابلات تتم الوقاية ضد التسرب باستخدام محول تيار يركب حول الكابل وتكون الملفـات الـثانوية لهذا المحول حول قلب حلقى، وفى حالة حدوث تسرب للأرض يقوم جهاز وقاية متصل بهذه الملفات الثانوية بإعطاء إنذار أو فصل الدائرة كما هو موضح فى الشكل (٣-٣).

٣-١-٥ الحماية ضد ارتفاع درجات الحرارة للمحركات

يؤدى تشغيل المحركات الكهربائية على حمل أكبر من الحمل المقنن ولمدة طويلة إلى ارتفاع درجة حرارة الملفات وللحماية من الأضرار التى تنتج عن هذا الارتفاع فى درجات الحرارة يتم استخدام وقاية حرارية يتم تركيبها داخل جسم المحرك بحيث تتأثر بدرجة حرارة ملفات المحرك وفى حالة زيادة هذه الدرجة عن الحد الذى تتحمله المواد العازلة لهذه الملفات فانه يتم فصل التغذية الكهربائية عن المحرك ولا يمكن إعادة تشغيل المحرك إلا بعد تخفيض درجة حرارة الملفات إلى الحد العادي.

٣-١-٦ الحماية ضد انفصال أحد الأطوار أو عكس أحدها

تتعرض المحركات التى تغذى من مصدر تيار ثلاثى الطور إلى التلف عند انفصال أحد أطوار التغذية الكهربائية أثناء دورانها كما أن انعكاس أحد الأطوار يعرض المعدات التى يتطلب تصميمها الدوران فى الاتجاه الصحيح إلى مخاطر كثيرة وخاصة لكراسى التحميل ودوائر التزييت، لهذا تستخدم أجهزة خاصة للحماية ضد انفصال الطور وأجهزة أخرى للحماية من عكس أحد الأطوار كما تتوفر أيضا أجهزة إلكترونية تجمع بين الوظيفتين فى جهاز واحد.

٣-١-٧ الحماية ضد الزيادة فى الجهد المفاجئ

تتعرض الدوائر الكهربائية(حتى التى تعمل على جهد منخفض) إلى موجات جهد طارئة كهربائية Surges تبلغ حدتها عدة آلاف فولت وهذه الموجات الكهربائية تنتج من الجهد الذى يتولد بخطوط نقل القوى الكهربائية نتيجة تعرضها لصواعق فى المناطق القريبة من الخط كما ينتج أيضا نتيجة الموجات الكهربائية التى تصاحب عمليات الفصل والتوصيل فى الدوائر القريبة، وتستخدم مانعات الصواعق للحماية من الزيادة فى الجهد المفاجئ ومانعة الصواعق هى معدة تعمل على تحديد الجهد المفاجئ وذلك بتسريب التيار الناتج عنه مع منع استمرار مرور تيار لاحق وفى نفس الوقت تكون مانعة الصواعق على استعداد دائما لتكرار أداء عملها.

٣-١-٧-١ إختيار مانعات الصواعق

أ- الدوائر أقل من ١٠٠٠ فولت

يكون جهد مانعة الصواعق مساويا أو أكبر من أقصى جهد عند نقطة الإستعمال وبين الأرض.

ب- الدوائر أكثر من ١ ك.ف

فى حالة استخدام المانعات المستخدم بها كربيد السيليكون يكون جهد المانعة ١٢٥ % من أقصى جهد عند نقطة الاستعمال وبين الأرض وبالنسبة لمانعات الصواعق من طراز (الأكسيد المعدني) يتم الأخذ فى الاعتبار الظروف التالية فى اختيار جهد المانعة :

- أقصى قيمة لجهد التشغيل.
- قيمة ومدة الجهد الزائد الذى تتعرض له الدائرة عند حدوث قصر مع الأرض.
- طريقة توصيل الدائرة للأرض.

ويمكن الاسترشاد بالقواعد التى تقترحها المصانع بالنسبة لاختيار مانعة الصواعق.

٣-١-٧-٢ التركيب والتوصيل

يمكن تركيب مانعات الصواعق داخل المبانى أو خارجها وبالنسبة للموصل بين مانعة الصواعق والخط أو الأرض فإنه يجب أن يكون أقصر ما يمكن مع تحاشى أى منحنيات به وبالنسبة للدوائر أقل من ١٠٠٠

فولت يلزم أن لا يقل قطاع هذا الموصل عن ٣,٥ مم٢ وبالنسبة للدوائر ١ ك.ف وأكثر يلزم أن لا تقل مساحة المقطع لهذا الموصل عن ١٥ مم٢.

٣-٢ أجهزة الوقاية

تستخدم للوقاية الكهربائية أنواع مختلفة من الأجهزة وأبسط الأنواع هو الملف اللولبى الذى يقوم بجذب دافعة ويتم ضبطه بتغير نقط التفريغ على الملف أو تغير الوضع الأصلى للدافعة. كما تستخدم بعض الأجهزة حافظة مغناطيسية يتم ضبطها بتغير الثغرة الهوائية فى الدائرة المغناطيسية والأجهزة التى تستخدم قرص تأثيرى يكون لها خاصية تخلف زمنى عكسى بحيث يقل زمن الفصل كلما زاد التيار وفى الاعوام الأخيرة زاد استخدام الأجهزة التى تستخدم دوائر إلكترونية (أجهزة الوقاية الإستاتيكية).

٣-٢-١ أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار بجهود حتى ١٠٠٠ فولت

٣-٢-١-١ عام

تكون أجهزة الوقاية ضد التيار قادرة على تحمل خصائص التيار وخصائص تيارات الخطأ الناتج بالمعدة أو الشبكة وتركب هذه الأجهزة بلوحات التوزيع أو لوحات التشغيل طبقا لأنسبها للشبكة وسهولة المراقبة. ويكون لها درجة حماية مناسبة للظروف المحيطة بالموقع.

٣-٢-١-٢ المصهرات

تعتبر المصهرات أبسط أسلوب للوقاية حيث أن المصهر يكتشف التيار الزائد وبانصهار الموصل الشعرى يتم فصل التغذية ويلزم أن تكون سعة القطع للمصهر أكبر من أقصى تيار قصر متوقع حدوثه فى الدائرة المغذية للمصهر وتكون مطابقة للمواصفات IEC-269.

أ- المصهرات السكينية ذات السعة العالية Knife Fuses

تكون المصهرات السكينية مطابقة للمواصفات الفنية لتؤمن السلامة للمعدة وللتوصيلات والشبكة وتكون جميع الأجزاء الحاملة للتيار مغطاة بمادة عازلة باستثناء أطراف التوصيل التى تكون ذات سعة كافية لنقل التيار المقنن عند درجة حرارة ٥٥° م مع أدنى فقد فى الطاقة والجهد كما تكون مقننة لسعة قطع لا تقل عن ١٠٠ كيلو أمبير عند معامل قدرة ٠,٢ وهذه الخواص تكون ثابتة لا تتغير مع اختلاف درجات الحرارة. (فيما بين درجات حرارة –٥ درجة م +٤٥ درجة م للجو المحيط).

ب- المصهرات الأنبوبية Cartridge Fuses

تكون المصهرات الأنبوبية مطابقة للمواصفات الفنية IEC 269-3 ، ومصممة لنقل التيار المقنن للدائرة مع أدنى فقد فى الطاقة والجهد ويلزم أن لا يتجاوز التفاوت فى خواص منحنى التيار مع الزمن ± ٥ % وتكون هذه المصهرات قادرة على حمل تيار قصر لا يقل عن ٥٠ كيلو أمبير ويلزم تصميم حامل المصهر بحيث يتعذر وضع مصهر فى حامل مصهر مصمم لتيار أقل أو جهد أكبر من الرتبة التى يتبعها المصهر كما يلزم تمييز المصهر بكتابة بيانات التيار والجهد وسعة القطع عليه.

٣-٢-١-٣ القواطع

أ- قواطع الدائرة على الحمل Load Breakers

تكون القواطع حتى سعة ٦٣٠ أمبير من النوع ذى الغلاف المسبوك Molded Case وتجهز كل القواطع التى سعتها ١٠٠ أمبير فأكثر لتركيب مفتاح ثانوى ذى ملامسات لتشغيل دائرتى تحكم أحداهما تكون مغلقة (NC) والأخرى مفتوحة (NO) والقواطع التى سعتها ١٠٠٠ أمبير فأكثر تكون مزودة بوسيلة تشغيل بمحرك كهربائى وتزود جميع القواطع بمبين لتحديد وضعها فى حالة التوصيل أو الفصل كما يجب أن تتحمل أقصى تيار قصر بالدائرة عند نقطة التغذية وبصفة عامة تكون القواطع مطابقة للمواصفات IEC 408.

ب- قواطع الدائرة على الحمل بالمصهرات Fused Load Breakers

تكون قواطع الحمل بالمصهرات وحدة متكاملة مصممة خصيصا أو مجموعة تتكون من قاطع دائرة على الحمل مطابقة للمواصفات (٣-٢-١-٣-أ) و مصهرات مطابقة للمواصفات ٣-٢-١-٢ وتعمل هذه الوحدة على وقف تدفق تيار القصر عن طريق المصهرات وتحدد سعة المجموعة بسعة القاطع.

ج- قواطع التيار Circuit Breakers

يلزم أن تكون قواطع التيار (Trip Free) وأن تكون معدة للتوصيل والفصل يدويا ويمكن السماح بتشغيلها كهربائيا أو بالهواء المضغوط بشرط أن تكون مجهزة للتشغيل يدويا أيضا وعندما تكون يد التشغيل تعمل رأسيا فإنه عند قفل القاطع تكون يد التشغيل فى الوضع العلوى ويلزم كتابة بيانات التيار والجهد وسعة القطع على كل قاطع. وقواطع التيار حتى سعة ٦٣٠ أمبير تكون من نوع الغلاف المسبوك Molded Case وتزود بعنصر حرارى لكل طور من الأطوار الثلاثة قابلة للضبط من ٧٠ % إلى ١٠٠% من سعة القاطع للوقاية ضد زيادة التيار، بالإضافة إلى ذلك تزود بوقاية كهر ومغناطيسية للفصل فورا عند حدوث قصر كما تكون مجهزة بوقاية فصل عند انخفاض الجهد ودائرة فصل فرعية ومفتاح ثانوى ذى ملامسات لتشغيل دائرتى تحكم واحدة على الأقل مقفلة NC وأخرى مفتوحة NO وتزود جميع القواطع بمبين لتحديد وضعها فى حالتى التوصيل أو الفصل كما يلزم أن تتحمل هذه القواطع أقصى تيار قصر عند نقطة التغذية.

٣-٢-٢ أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار لجهود أكثر من ١٠٠٠ فولت

٣-٢-٢-١ عام

تكون أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار قادرة على تحمل تيار القصر بالشبكة وتركب هذه الأجهزة بلوحة التوزيع أو تركب منفصلة فى صندوق من الصلب أو البلاستيك وتكون ذات درجة حماية مناسبة لظروف التشغيل والظروف المحيطة.

٣-٢-٢-٢ المصهرات

تستخدم أنواع مختلفة من المصهرات لوقاية المعدات والدوائر التى تعمل على جهد متوسط من ١ ك.ف حتى ٣٨ ك.ف.

أ- مصهرات قاطعة للدوائر الكهربائية Cut Out Fuses

فى حالة التركيب خارج المبانى تكون لهذه المصهرات خاصية السقوط Drop Out فى حالة انصهار سلك المصهر وبهذا يمكن الاستدلال على حالتها.

ويصنع سلك المصهر من القصدير أو الفضة. ويمتاز السلك المصنوع من القصدير بأن درجة انصهاره منخفضة وبهذا لا يتعرض حامل سلك المصهر لأى تلف حتى فى حالة تعرضه لمرور تيار كبير لمدة طويلة ولكن من عيوبه أنه يتعرض للانصهار قبل الوقت المحدد فى منحنيات التيار والزمن ويمتاز السلك المصنوع من الفضة بأن درجة انصهاره مرتفعة وبهذا لا يتعرض للانصهار فى حالة مرور أى تيارات أقل من التيار المقنن ولكن من عيوبه أنه عند مرور تيارات كبيرة لمدة طويلة فإن حامل سلك المصهر قد يتعرض للتلف.

وللتخلص من العيوب المشار إليها بعاليه فإن بعض المصهرات تستخدم سلك مزدوج بتصميم خاص بحيث يحقق الوقاية من تيارات القصر بسرعة والوقاية من زيادة التيار بعد فترات محددة مسبقا طبقا لمنحنيات التيار والزمن (Time Current Curves TCC) ويكون التجاوز فى خواص منحنى التيار مع الزمن فى حدود ± ٥ % والتيار المقنن Rated Current لهذه المصهرات يكون من ٣ أمبير إلى ٢٠٠ أمبير للجهود حتى ٢٧ ك.ف ومن ٦ أمبير حتى ١٠٠ أمبير للجهود الأعلى حتى ٣٨ ك.ف وتكون المصهرات مطابقة للمواصفات IEC 282.

ب- مصهرات محددة التيار

تستخدم هذه المصهرات سلك أو أكثر من الفضة أو شريط مثقب يلف حلزونيا وتوضع جميعها داخل أنبوبة مملوءة برمل نقى.

وعند مرور تيار قصر مرتفع ينصهر المصهر وتنتقل الطاقة الحرارية المتولدة عن الشرارة إلى الرمل المحيط بالمصهر مما ينتج عنه انصهار للرمل وتحوله لزجاج وبهذا تتم حصر الشرارة وعرقلة التيار مما يؤدى إلى التخلص من تيار القصر خلال فترة تقل عن نصف دورة من تردد التشغيل. والتيار المقنن Rated Current لهذه المصهرات يكون من ٦ إلى ١٠٠ أمبير حتى جهد ١٣ ك.ف ومن ٦ إلى ٥٠ أمبير للجهود الأعلى حتى ٣٨ ك.ف.

ج- مصهرات لوقاية المكثفات

هذه المصهرات من النوع المحدد للتيار وتزود بسلك توصيل يقذف أوتوماتيكيا لعزل المكثف وفى نفس الوقت يعطى إشارة مرئية إلى حدوث عطل وفيما يلى البيانات الرئيسية لهذه المصهرات.

الجهد K.V	التيار المقنن A	Interrupting Rating K.A
٨,٣	١٠ ــ ٦٥	٥٠
١٥,٥	١٠ ــ ٣٥	٥٠
٢٣	١٢ - ٢٥	٥٠

٣-٢-٢-٣ مفاتيح الفصل بدون حمل Disconnecting Switches

تستخدم هذه المفاتيح لعزل المعدة المرتبطة بها عن مصدر التغذية ولتجزئة خطوط الجهد المتوسط وتكون مطابقة لمواصفات IEC-129 وتكون هذه المفاتيح هوائية ومعدة للتشغيل اليدوى حتى جهد ٢٢ ك.ف وتتراوح سعتها ما بين ٢٠٠ ، ٦٠٠ أمبير وتتحمل تيار قصر حتى ١٦ كيلو أمبير لمدة ثانية واحدة وتستخدم بعض الطرازات عازل متأرجح Rocking تثبت به قطعة التماس المتحركة ويسمح تصميم قطعة التماس الثابتة بضمان إجراء عمليات الفصل والتوصيل بنعومة وتطلى مناطق التماس بالفضة.

وفيما يلى البيانات الرئيسية لهذه المفاتيح

التيار المقنن A	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠
تيار القصر لمدة ثانية واحدة KA	٥	١٢	١٦

٣-٢-٢-٤ مفاتيح الفصل على الحمل Load Breaking Switch

يمكن تزويد المفاتيح المشار إليها فى البند (٣-٢-٢-٣) بقاطع للشرارة مصمم بحيث تؤدى الحرارة المصاحبة للشرارة إلى توليد بعض الغازات التى تقوم بتبريد وإزالة تأين Deionize المنطقة المحيطة وبهذا يتم تحديد مسار الشرارة. ويمكن لهذه المفاتيح فصل حمل حتى ٢٠٠ أمبير عند معامل قدرة ٠,٨ .

٣-٢-٢-٥ مفاتيح الفصل بالحمل ذات المصهرات

تتكون هذه المفاتيح بتجميع مفتاح فصل بالحمـــل بند (٣-٢-٢-٤) مع مجمـــوعة من المصهرات بند (٣-٢-٢-٢) على أن تزود بوسيلة لفصل المفتاح عند انصهار أحد المصهرات.

٣-٢-٢-٦ قواطع التيار الأوتوماتيكى Automatic Circuit Breakers

تختلف قواطع التيار الأوتوماتيكى حتى جهد ٢٢ ك.ف من حيث طرق إطفاء الشرارة ويتم إما بالهواء المضغوط أو بالزيت العازل أو بالتفريغ Vacuum أو بغاز سادس فلوريد الكربون SF_6 .

ويتم توصيل القاطع إما يدويا أو بواسطة ملف Solenoid أو بمحرك مزود بوسيلة بالطاقة المخزونة أو بالهواء المضغوط.

وبالنسبة للقواطع التى يتم تركيبها داخل لوحات توزيع فإن سعة القطع تتراوح بين ٢٥٠ و ٥٠٠ م.ف.أ ويلزم أن يكون الجهد والتيار وسعة القطع المقننة للقاطع مناسبة لظروف التشغيل.

وتزود القواطع بملامسات ثانوية لتشغيل عدة دوائر تحكم بعضها NC مقفلة والأخرى NO مفتوحة. ويمكن تزويد القواطع التى تغذى شبكات هوائية بخاصية إعادة التوصيل Reclosing وبهذا يتحسن أداء هذه الشبكات حيث أن نسبة كبيرة (حوالى ٨٥ %) من الأعطال بها تكون وقتية وبإعادة التوصيل يمكن أن تستمر التغذية للشبكة بعد زوال العطل المؤقت.

٣-٣ التغذية والتوزيع

تتم التغذية الكهربائية بقطاعات مناسبة من الموصلات لنقل الطاقة الفعلية المطلوبة بالإضافة إلى ٢٥ % إحتياطى مع الأخذ فى الاعتبار الفقد فى الجهد بحيث لا يتعدى المسموح به وأن لا يقل معامل القدرة عن ٠,٩ وأن تتفق مواصفات وطرق تركيب معدات التغذية الكهربائية بما يتلاءم وقواعد المواصفات العالمية.

٣-٣-١ المغذيات الرئيسية والفرعية

أ- المغذيات الرئيسية

يلزم أن تكون موصلات المغذيات الرئيسية ذات سعة كافية لتحمل تيار الحمل الذى تغذية ويجب أن لا يقل الحمل التصميمى للمغذى الرئيسى عن مجموع أحمال المغذيات الفرعية التى يغذيها.

ب- الأحمال المستديمة والأحمال غير المستديمة

عندما تكون الأحمال التى يغذيها المغذى الرئيسى مكونة من أحمال مستديمة وأحمال أخرى غير مستديمة يجب أن لا يقل قدرة وسيلة الوقاية ضد زيادة التيار عن مجموع الأحمال غير المستديمة بالإضافة إلى ١٢٥ % من الأحمال المستديمة.

ج- المغذيات الفرعية

يجب أن لا يزيد مجموع الأحمال عن الحمل المقنن للمغذى الفرعى :

١- بالنسبة للدوائر التى تغذى محركات فقط يتم حساب الحمل الكلى على أساس ١٢٥% من حمل أكبر محرك بلاضافة الى مجموع أحمال المحركات الأخرى، وبالنسبة للدوائر التى تغذى محركات بالإضافة إلى أحمال أخرى يتم حساب الحمل الكلى على أساس ١٢٥ % من حمل أكبر المحركات بالإضافة إلى مجموع الأحمال الأخرى.

٢- بالنسبة للدوائر التى تغذى أحمال إضاءة مستخدم بها ملفات خانقة أو محولات يتم حساب الحمل على أساس مجموع التيار وليس على مجموع القدرة بالوات.

٣- بالنسبة للأحمال الأخرى يتم اختيار وسيلة الوقاية للمغذى الفرعى طبقا للبند (٣-٣-١-ب).

٣-٣-١-١ تمييز الموصلات

تصنع الأسلاك والكابلات من النحاس أو الألومنيوم ويميز عزل الموصلات بالألوان فى الكابلات المتعددة الأقطاب وتناسب قوة العزل طبقا للجهد المستعمل والمواصفات العالمية وكما هو وارد بالجدول التالى (٣-٢)

جدول (٣-٢)

الوظيفة	اللون المحدد للنوعية
موصل وقاية	أخضر وأصفر
موصل طور بدائرة تيار متردد أحادية الطور	أحمر أو أصفر أو أزرق
موصل تعادل لدائرة تيار متردد أحادية أو ثلاثية الطور	أسود
موصل طور (ر) ”R“ لدائرة تيار متردد ثلاثية الطور	أحمر
موصل طور (ى) ”Y“ لدائرة تيار متردد ثلاثية الطور	أصفر
موصل طور (ب) ”B“ لدائرة تيار ثلاثية الطور	أزرق

ويكون الحد الأدنى لمقطع موصلات خط التعادل والأرضى داخل مواسير أو فى الأسلاك متعددة الأقطاب والكابلات كما هو وارد بالجدول التالى (٣-٣)

جدول (٣-٣)

قطاع موصل الطور مم^2	١٦	٢٥	٣٥	٥٠	٧٠	٩٥	١٢٠	١٥٠	١٨٥	٢٤٠	٣٠٠
قطاع موصل خط التعادل والأرضى مم^2	١٦	١٦	١٦	٢٥	٣٥	٥٠	٧٠	٧٠	٩٥	١٢٠	١٥٠

٣-٣-١-٢ الفقد فى الجهد

يمكن تحقيق جودة تشغيل مقبولة إذا كان الفقد فى الجهد فى المغذى الرئيسى أو الفرعى فى حدود ٣ % بحيث يكون الفقد الكلى فى الجهد للمغذى الرئيسى والفرعى فى حدود ٥ % ويمكن حساب الفقد فى الجهد فى خطوط التغذية باستخدام المعادلات التقريبية التالية :

أ- بالنسبة لخطوط الجهد المنخفض (هوائية)

$$\text{الفقد فى الجهد } \% = \text{ك} \times \frac{\text{ق ل ر}}{\text{ف}^{٢}} \times ١٠٠$$

حيث :

ق = القدرة بالوات المغذاة عند نهاية الخط

ل = الطول بالمتر للخط

ف = جهد مصدر التغذية الثلاثي فولت (جهد الخط)

ر = المقاومة بالأوم للمتر الطولى

ك = ١ بالنسبة للخطوط ثلاثية الأطوار

ك = ٢,٢٥ للخطوط ثنائية الأطوار

ك = ٦ للخطوط أحادية الطور

ب- بالنسبة لخطوط الجهد العالى (هوائية)

$$\text{الفقد فى الجهد } \% = \text{ك} \times \frac{\text{ق ل}}{\text{ف}^{٢}} (\text{ر}_{١} + \text{س}_{١} \text{ ظا } \phi) \times ١٠٠$$

حيث :

ق = القدرة بالميجاوات عند نهاية الخط

ل = الطول بالكيلو متر للخط

ف = الجهد عند نهاية الخط K..V (جهد الخط)

$\text{ر}_{١}$ = المقاومة بالأوم للكيلو متر

$\text{س}_{١}$ = الممانعة للكيلو متر

ϕ = زاوية طور الحمل عند نهاية الخط

ج- بالنسبة للكابلات

$$\text{الفقد فى الجهد } \% = \text{م ل ت ص} \times \frac{١٠٠}{\text{ف}_{١}}$$

ص = رجتا ϕ + س جا ϕ

ت = تيار الحمل بالأمبير

س = الممانعه بالأوم المتر الطولى

م = ٧٣٢ر ١ خطوط ثلاثية الأطوار

م = ٢ خطوط أحادية الطور

$\text{ف}_{١}$= هى جهد الخط للخطوط ثلاثية الأطوار

$\text{ق}_{١}$ = هى جهد الطور للخطوط أحادية الطور

٣-٣-١-٣ معدلات التحميل

الجداول (٣-٤) ، (٣-٥) تبين التيار المسموح بـه بالنسبة لكل مساحة مقطـع من الكـابلات ويتحدد هذا التيار طبقا للعوامل التالية :

١- نوع المعدن المصنوع منه الموصل نحاس أو ألومنيوم.
٢- نوع العزل فوق الموصل PVC أو XLPE أو ورق مشبع بالزيت.
٣- جهد التشغيل وأقصى جهد تتعرض له الشبكة.
٤- طريقة تركيب الكابل فى الأرض أو الهواء.
٥- عدد الكابلات المجاورة لبعضها والمسافة بينها.
٦- درجة حرارة الهواء المحيط.

٣-٣-١-٤ إختيار المغذيات

يلزم توفير البيانات الموضحة بعد حتى يمكن إختيار الكابل المناسب للمغذيات الرئيسية أو الفرعية :

١- ظروف التشغيل

أ- جهد التشغيل.
ب- طريقة التوصيل للأرضى.
ج- أقصى تيار حمل.
د- تيار القصر وأقصى مدة متوقعة لمروره.

٢- بيانات التركيب

أ- الكابلات المركبة تحت الأرض

أ- تفاصيل ظروف التركيب (فى الأرض مباشرة أو فى مجارى أو مواسير).
ب- عمق التركيب.
ج- نوع التربة ودرجة حرارة التربة عند عمق التركيب.
د- عدد ومقاس ومادة المجارى أو المواسير.

ب- الكابلات المركبة فى الهواء

أ- درجة حرارة الهواء المحيط (المتوسط وأقصى وأقل درجة).
ب- مدى التعرض لأشعة الشمس المباشرة.

٣-٣-٢ المحولات

تكون المحولات وملحقاتها مطابقة لمواد البند (٢-١) ويكون نوع المحول مناسبا للموقع الذى يتم تركيبة فيه.

١- المحولات الهوائية تبريد هواء

تستخدم هذه المحولات فى المواقع التى تتطلب استخدام معدات مقاومة للحريق ولا تحتاج لأعمال صيانة كثيرة ويتم تصنيع الأنواع التالية من المحولات الجافة :

أ- محولات جافة تبرد بالهواء.
ب- محولات جافة يتم تغطية ملفاتها بالكامل برا تنج عازل.

وهذه الأنواع تقل فى الحجم والوزن عن الأنواع التقليدية المملوءة بالزيت.

٢- المحولات المملوءة بالزيت

يتم تركيب المحولات المملوءة بالزيت إما داخل المبانى أو خارجها ويلزم أن يراعى فى كل حالة الاشتراطات الواردة بمواد البند (٢-٣) والبند (٢-١٣).

كما يلزم الاهتمام بإجراء الصيانة الدورية كل ستة شهور للتأكد من منسوب الزيت واختبار قوة عزله.

٣- المحولات المملوءة بسائل مقاوم للحريق

تملأ هذه المحولات بسائل لا تقل درجة الحريق له عن ٣٠٠° م وتستخدم هذه المحولات حتى جهد ٣٥ ك.ف.

ويمكن أن تكتسب المحولات المملوءة بالزيت خاصية مقاومة الحريق باستبدال الزيت العازل بها بسائل مقاوم للحريق.

٣-٣-٣ لوحات المفاتيح

يتم تصنيع لوحات التوزيع بحيث تكون مناسبة لظروف التشغيل وجهد التغذية وتثبت بها قضبان توزيع نحاسية مميزة بالألوان وتتحمل تيار القصر بالشبكة كما تحتوى اللوحة على قضيب تأريض تربط به كافة الأجزاء المعدنية الغير حاملة للتيار.

١- لوحات مفاتيح الجهد العالى

تصنع هذه اللوحات من ألواح معدنية ذات أبواب مفصلية بها نوافذ زجاجية ودرجة حماية مناسبة وتتحمل سعة قصر لا يقل عن ٥٠٠ م.ف.أ بجهد ١٥ ك.ف. وتزود خلايا خطوط التغذية بمفتاح تأريض وتزود خلايا تغذية المحولات بقاطع على الحمل بالمصهرات حتى قدرة ٦٣٠ ك.ف.أ. وبالنسبة للمحولات بقدرة أعلى من ٦٣٠ ك.ف.أ. يتم تزويدها بقواطع تيار أوتوماتيكية.

كما يتم تزويد لوحة المفاتيح بمحولات التيار ومحولات الجهد وأجهزة الوقاية وأجهزة القياس وجميع الأجهزة المساعدة اللازمة.

٢- لوحات مفاتيح الجهد المنخفض

تصنع هذه اللوحات من صاج سمك ٢ مم على الأقل وتتحمل تيار قصر لا يقل عن ٢٠ كيلو أمبير بالنسبة للوحات التوزيع الرئيسية، وتحتوى على خط توزيع للتعادل بحيث يكون معزولا عن أى أجزاء معدنية غير حاملة للتيار. ويتم توصيل مكونات اللوحة بقضيب توزيع للأرضى. كما تزود بأجهزة قياس التيار وقياس الجهد ومؤشرات بيان ظروف التشغيل.

٣-٣-٤ الأرضى

يتم تزويد جميع المنشآت التى تعمل على جهد أكبر من ٢٥٠ فولت بوسائل تمنع ملامسة الأشخاص للأجهزة الكهربية واستبعاد زيادة جهد التلامس ويلزم أن تكون وسائل التأريض مطابقة لمواد البند (٢-١٠) والباب السابع وتشتمل على :

أ- التأريض الوقائى Protective Earthing

يتم التأريض الوقائى بتوصيل جميع أجزاء المنشأة إلى وسيلة التأريض.

ب- التأريض Service Earthing

يشمل التأريض توصيل نقط تعادل المحولات والمولدات وملفات محولات الضغط ومانعات الصواعق بوسيلة التأريض.

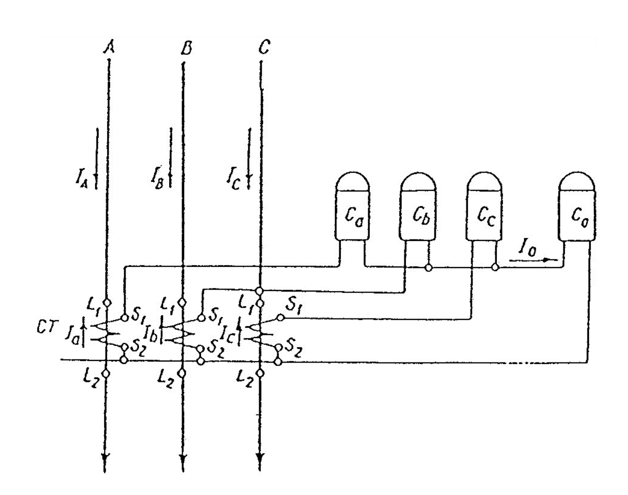
جدول (٣-٤) التيار المسموح به فى كابلات ثلاثية الطور معزولة P.V.C الجهد حتى ١ ك. فولت ودرجة حرارة محيطيه ٤٠ °م

مساحة المقطع مم٢	التيار بالأمبير		التيار بالأمبير	
	التركيب فى الهواء		التركيب فى الأرض	
	نحاس	ألومنيوم	نحاس	ألومنيوم
١٦	٦٠	٤٨	٧٨	٦١
٢٥	٧٥	٥٩	٩٧	٧٦
٣٥	٩٩	٧٨	١٢٣	٩٧
٥٠	١٠٧	٨٤	١٣٣	١٠٤
٧٠	١٤٥	١١٢	١٨٠	١٤٠
٩٥	١٧٥	١٣٩	٢١٣	١٧٤
١٢٠	٢٠١	١٧٦	٢٣٠	١٩١
١٥٠	٢٣٧	١٨٦	٢٥٦	٢٠٥
١٨٥	٢٦١	٢٠٥	٢٨٠	٢٢٤
٢٤٠	٣٢١	٢٥٥	٣٤٠	٢٧٣
٣٠٠	٣٥٤	٢٨٤	٣٧٣	٣٠٣

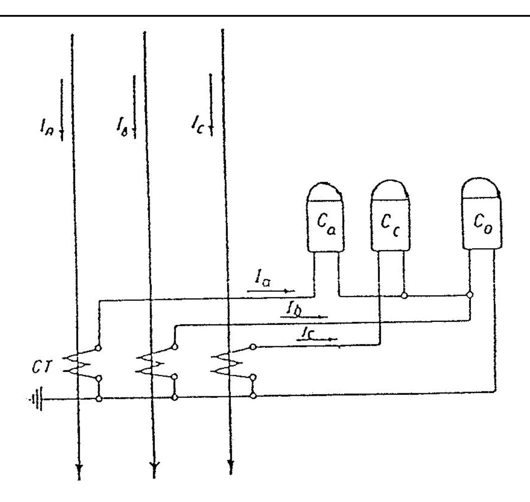
جدول (٣-٥) التيار المسموح به فى كابلات ثلاثية الأوجه معزولة XLPE لجهد متوسط من ١٦ إلى ٢٠ ك.ف ودرجة حرارة محيطيه ٤٠°م

مساحة المقطع مم٢	التيار بالأمبير		التيار بالأمبير	
	التركيب فى الهواء		التركيب فى الأرض	
	نحاس	ألومنيوم	نحاس	ألومنيوم
١٦	٧٩	٦١	٩٩	٧٧
٢٥	٩٧	٧٦	١٢٠	٩١
٣٥	١٢٨	١٠٠	١٥٢	١١٨

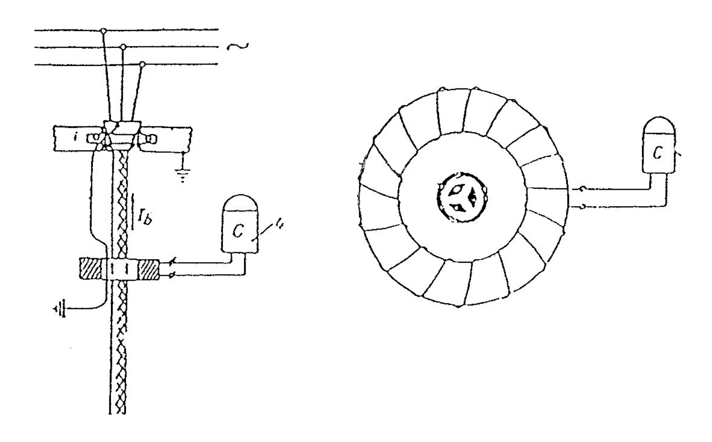
مساحة المقطع مم٢	التيار بالأمبير		التيار بالأمبير	
	التركيب فى الهواء		التركيب فى الأرض	
	نحاس	ألومنيوم	نحاس	ألومنيوم
٥٠	١٣٦	١٠٦	١٦٠	١٢٣
٧٠	١٨٥	١٤٦	٢١٢	١٦٥
٩٥	٢٣٨	١٧٩	٢٤٧	١٩٦
١٢٠	٢٦٠	٢٠٤	٢٨٠	٢١٩
١٥٠	٣٠٠	٢٣٥	٣١٣	٢٥٠
١٨٥	٣٣٧	٢٦٥	٣٥٦	٢٨٢
٢٤٠	٣٨٦	٣٠٥	٤٠٨	٣٢١
٣٠٠	٤٥٠	٣٦٠	٤٧٠	٣٨٠



شكل (٣-١) استخدام ٣ مرحلات للوقاية ضد زيادة التيار ومرحل إضافى فى توصيلة التعادل



شكل (٣-٢) استخدام مرحلين للوقاية ضد زيادة التيار ومرحل للوقاية ضد التسرب



شكل (٣-٣) وقاية الكابلات ضد التسرب الأرضى باستخدام محول تيار ذو قلب حلقى

الباب الرابع
دوائر وأجهزة التحكم فى المحركات الكهربائية

٤-١ دوائر المحركات

الاشتراطات العامة الآتية بالمحركات ودوائر المحركات فيما عدا تلك المستخدمة فى معدات التبريد والتكييف.

٤-١-١ منظومات التحريك بسرعات يمكن ضبطها
Adjustable Speed Drive System

فى حالة تغذية المحركات ذات السرعة المتغيرة والتى يمكن ضبطها عن طريق معدات تحويل قدرة كجزء من منظومة ضبط السرعة فإنه ينبغى ملاحظة اختيار دائرة التغذية حسب القدرة الداخلة المقررة لجهاز تحويل القدرة. فإذا كان جهاز تحويل القدرة مزود بوقاية للمحرك ضد الزيادة فى الحمل فلن تكون هناك حاجة إلى وقاية إضافية أخرى ضد الزيادة فى الحمل ومن الممكن السماح بوسيلة فصل إلى الخط الداخل إلى جهاز التحويل بحيث يكون مقننها لا يقل عن ١١٥ % من مقنن تيار دخل وحدة التحويل.

٤-١-٢ محركات الملفات الجزئية Part-Winding Motors

محركات الملفات الجزئية التأثيرية أو المتزامنة هى تلك المصممة لتبدأ حركتها بتوصيل جزء من ملفاتها الابتدائية (ملفات المنتج Armature) يليها توصيل بقية هذه الملفات على خطوة أو أكثر والغرض من ذلك تقليل تيار البدء المسحوب أو عزم البدء الناتج عن المحرك ففى محركات ملفات البدء الجزئية المعتادة من النوع التأثيرى يتم توصيل المحرك لتغذية نصف ملفات المنتج مبدئيا ثم يتبع ذلك توصيل النصف الأخر بحيث يمر تيار متساوى فى نصفى الملفات. ولا يعتبر محرك كباس التبريد المحكم الغلق Hermetic من محركات ملفات البدء الجزئية المعتادة.

عند استخدام وسائل وقاية من الزيادة فى الحمل منفصلة مع محرك ملفات البدء الجزئية ، فيجب أن يكون كل جزء من ملفات المحرك مزود بوقاية منفصلة وذلك بوسيلة فصل بتيار قيمته نصف التيار المقرر ويجب تزويد توصيلة كل ملف من المحرك بوسيلة وقاية على الدائرة الفرعية ضد القصر والأرضى بمقنن لا يزيد عن نصف ما هو وارد فى البند ٤-٤-٢.

استثناء :

يمكن السماح بوسيلة وقاية واحدة لها نصف هذا المقنن لكل من الملفين إذا لم يعوق ذلك بدء حركة المحرك. فى حالة استعمال مصهر يعمل بتأخير زمنى Time-delay كوسيلة وقاية وحيدة لجزئى الملف فيجب أن لا يزيد مقننة عن ١٥٠ % من تيار الحمل الكامل.

٤-١-٣ معدات على مرمى النظر

عندما ينص على أن تكون هناك إحدى المعدات على مرمى البصر من الأخرى فهذا معناه أن تكون المعدات المشار إليها مرئية ولا تبعد مسافة أكثر من ١٥ متر.

٤-١-٤ شروط معدات أخرى

تنطبق أيضا الشروط الأخرى الخاصة بالموضوعات الآتية على المحركات وأجهزة التحكم فيها.

* معدات التبريد والتكييف.
* المكثفات.

* الأوناش والروافع.
* ماكينات الرى التى تعمل بالكهرباء.
* المصاعد.
* آلات الورش.
* المقاومات والممانعات.

٤-١-٥ تقدير السعة التيارية ومقنن المحرك

Ampacity and Motor Rating Determination

ينبغى تقدير السعة التيارية للموصلات والمحرك وفقا للفقرة (أ) ، (ب) مما يلى :

أ- الاستخدامات العامة للمحرك

فيما عدا ما هو مقرر بالنسبة لمحركات العزم المذكورة فى الفقرة (ب) التالية فإنه يمكن اعتبار تيار المحرك المذكور فى الجداول الخاصة بالمحركات وملحقاتها (كسعة تياريه) لتحديد مقنن الموصلات والمفاتيح وأجهزة الوقاية من القصر والأرضى على الدائرة الفرعية. وعند وجود حماية مستقلة للمحرك ضد الحمل الزائد فيجب أن تكون مضبوطة حسب تيار لوحة بيانات المحرك.

ب- محركات العزم Torque Motors

فى حالة محركات العزم فإن تيار السكون Locked-Rotor سوف يعتبر كتيار مقنن لتحديد السعة التيارية لموصلات الدائرة الفرعية الواردة فى البند (٤-٢-٢) ، (٤-٢-٤) ومقنن تيار حماية المحرك من الحمل الزائد (راجع البند ٤-٧-٣ بخصوص وسائل التحكم والفصل).

ج- محركات التيار المتردد ذات الجهد الممكن ضبطه

AC Adjustable Voltage Motors

فى حالة المحركات التى تعمل بالتيار المتردد فى منظومات التحريك ذات العزم المتغير وبجهد ممكن ضبطه ، فإن السعة التيارية للموصلات أو مقننات تيار المفاتيح وأجهزة الوقاية من القصر والأرضى بالدائرة الفرعية وما شابه ذلك يجب أن تكون على أساس أقصى تيار تشغيل مدون على لوحة بيانات المحرك وجهاز التحكم فإذا لم يظهر أقصى تيار تشغيل على لوحة البيانات ، فإنه ينبغى تقدير السعة التيارية على أساس ١٥٠ % من تيار الحمل الكامل للمحرك.

٤-١-٦ بيانات المحركات والمعدات ذات المحركات المتعددة السرعة

أ- الاستخدامات العامة للمحركات

يجب أن تحتوى لوحة بيانات المحرك على المعلومات الآتية :

١- إسم المصنع.
٢- الجهد والتيار المقنن. ويكون تيار المحرك المتعدد السرعة مناظرا للحمل الكامل عند كل سرعة فيما عدا المحركات ذات القطب المشقوق ومحركات المكثف ذات الانفصال الطورى الدائم حيث يتم توضيح التيار المناظر للسرعة القصوى.
٣- مقنن التردد وعدد الأطوار فى حالة محركات التيار المتردد.
٤- السرعة المقننة للحمل الكامل.
٥- الارتفاع المقنن لدرجة الحرارة أو نوع نظام العزل ودرجة الحرارة المقننة للظروف المحيطة.
٦- معدلات التشغيل مع الحمل (مستمر أو متقطع) ومعدلات بدء التشغيل

٧- القدرة المقننة بالحصان.
٨- حرف كودى لمحركات التيار المتردد بقدرة مقننة ٠,٥ حصان أو أكثر. يتم حذف الحرف الكودى لمحركات العضو الدائر الملفوف المتعدد الأطوار.
٩- الجهد والتيار الثانوى عند الحمل الكامل فى حالة المحرك التأثيرى ذو العضو الدائر الملفوف.
١٠- تيار وجهد ملفات التنبيه فى المحركات المتزامنة.
١١- الملفات : من حيث كونها توازى أو توالى مع تعويض أو مركبة أو توالى وفى حالة محركات التيار المستمر ليس من الضرورى ذكر بيانات ملفات المحركات كسرية القدرة.
١٢- يجب التأشير على المحرك المزود بالواقى الحرارى وفقا للبند (٤-٣-٢) بالعلامة "بحماية حرارية"ح.ح." وكذلك بالعلامة "بحماية معاوقة "ح.م.".

ب- الحروف الكودية المبينة للعضو الدائر أثناء حالة السكون

يجب الرجوع إلى الجدول رقم (٤-١) لتحديد الحروف الكودية المبينة على لوحة معلومات المحرك التى توضح دخل المحرك عند سكون العضو الدائر. ينبغى وجود الحرف الكودى المبين لدخل المحرك عند سكون العضو الدائر فى مكان منفرد على لوحة البيانات بطريقة واضحة.

ويجب الاستعانة بالحرف الكودى هذا لتقدير الحماية اللازمة للدائرة الفرعية ضد القصر وخطأ الأرضى بالرجوع إلى الجدول (٤-٩) كما هو مذكور فى البند (٤-٤-٢).

١- ينبغى التأشير على المحركات المتعددة السرعة بالحرف الكودى المناظر لقدرة العضو الدائر الساكن بالكيلو فولت أمبير لكل حصان من قدرة أعلى سرعة ، والتى يمكن بدء حركة المحرك عليه.

استثناء :

فى حالة المحركات ذات القدرة الثابتة يتم التأشير بالحرف الكودى المناظر لأقصى ك.ف.أ. عند سكون العضو الدائر لكل حصان من القدرة.

٢- يجب التأشير بالحرف الكودى المناظر للكيلو فولت أمبير لكل حصان من القدرة لتوصيلة النجمة فى حالة المحركات ذات السرعة الواحدة التى تبدأ حركتها بتوصيلة النجمة وتعمل بتوصيل الدلتا.
٣- فى حالة المحركات التى تعمل على جهدين مختلفين بما يناظر قيمتين مختلفتين للكيلو فولت أمبير/حصان (ك ف أ / حصان) للجهدين فإنه يجب التأشير بالحرف الكودى الخاص بالجهد الذى ينتج عنه أقصى ك.ف.أ. عند سكون العضو الدائر لكل حصان من القدرة.
٤- فى حالة المحركات التى تعمل على ٥٠ ، ٦٠ هيرتز يجب التأشير عليها بالحرف الكودى المناظر للكيلو فولت أمبير / حصان عند ٥٠ هيرتز.
٥- بالنسبة للمحركات التى تبدأ عملها بجزء من الملفات يجب التأشير عليها بالحرف الكودى المناظر للكيلو فولت أمبير / حصان المحسوب على أساس التيار عند سكون العضو الدائر وتوصيل الملفات بالكامل.

ج- محركات العزم

يتم تحديد محركات العزم لحالة تشغيل السكون ويجب التأشير عليها حسب ما جاء فى (أ) بعاليه.

استثناء :
يجب استبدال القدرة بالحصان بعزم المحرك عند سكون العضو الدائر.

جدول (٤-١) تحديد الرموز الكودية المناظرة للقدرة لكل حصان عند سكون العضو الدائر

الرمز الكودى	ك.ف.أ / حصان مع سكون العضو الدائر
A	٠,٠٠ – ٣,١٤
B	٣,١٥ – ٣,٥٤
C	٣,٥٥ – ٣,٩٩
D	٤,٠٠ – ٤,٤٩
E	٤,٥٠ – ٤,٩٩
F	٥,٠٠ – ٥,٥٩
G	٥,٦٠ – ٦,٢٩
H	٦,٣٠ – ٧,٠٩
J	٧,١٠ – ٧,٩٩
K	٨,٠٠ – ٨,٩٩
L	٩,٠٠ – ٩,٩٩
M	١٠,٠٠ – ١١,١٩
N	١١,٢٠ – ١٢,٤٩
P	١٢,٥٠ – ١٣,٩٩
R	١٤,٠٠ – ١٥,٩٩
S	١٦,٠٠ – ١٧,٩٩
T	١٨,٠٠ – ١٩,٩٩
U	٢٠,٠٠ – ٢٢,٣٩
V	٢٢,٤٠ – فأكثر

د- المعدات ذات المحركات المتعددة والحمل المركب
يجب تزويد المعدات ذات المحركات المتعددة بلوحة بيانات مؤشر عليها بإسم الصانع ومقنن الجهد والتردد وعدد الأطوار والسعة التيارية الصغرى لموصل دائرة التغذية وأقصى تيار مقنن لجهاز الوقاية من تيار القصر وخطأ الأرضى ويجب حساب السعة التيارية للموصل وفقا للبند ٤-٢-٥ مع الأخذ فى الاعتبار جميع المحركات والأحمال الأخرى التى سوف يتم تشغيلها فى نفس الوقت. ويجب أن لا يتجاوز مقنن جهاز الوقاية من القصر وخطأ الأرضى قيمة التيار المحسوب وفقا للبند ٤-٤-٣ ، كما يجب التأشير

علـى معدات المحـركات المـتعددة التـى تعمـل علـى دائـرتين أو أكثر بالمعلـومات الموضـحة أعـلاه بالنسبة لكل دائرة.

٤-١-٧ التأشير على أجهزة التحكم

يتم التأشير علـى جهاز التحكم بإسم الصـانع أو رمزه ومقنن الجهد والتيار أو القدرة والبيانات الأخرى الضرورية للتعرف على المحركات المناسبة للعمل معها. فى حالة أجهزة التحكم التى تحتوى على حماية ضد الزيادة فى حمل المحرك والتى يمكن استعمالها مع مجموعة من المحركات ، يجب التأشير عليها بما يدل على حماية المحرك من الحمل الزائد وأقصى تيار قصر للدائرة الفرعية وحماية الخطأ الأرضى لهذا الاستعمال.

أمـا أجهزة التحكم الشاملة المحتوية على قاطع يعمل بالفصل الفورى المضبط يلزم التأشير عليها بما يدل عن أوضاع ضبط تيار عنصر الفصل الممكن ضبطه.

فى حالة تصميم جهاز الوقاية كجزء متكامل مع المحرك أو مجموعة المحرك – المولد ، لا تكون هناك حاجة إلى التأشير علـى جهاز الوقاية إذا كانت البيانات الضرورية موجودة على لوحة البيانات. أما إذا كانت أجهزة التحكم موجودة ضمن المعدات المعتمدة كوحدة منفصلة فإنه يمكن السماح بالتأشير أعلاه على لوحة بيان المعدة.

٤-١-٨ علامات الأطراف

يجب وضـع علامـات أطراف المحركات وأجهزة التحكم أو تمييزها بالألوان عند اللزوم ليسهل عمل التوصيلات الصحيحة.

٤-١-٩ الحيز اللازم للأسلاك فى اللوحات

أ- لا ينبغى استعمال أجهزة التحكم فى المحرك ووسائل الفصل كصناديق توصيل أو مجارى موصلات تغذية أو مزاريب إضافية أو أماكن ربط بأجهزة أخرى إلا إذا كان تصميم اللوحة يسمح بذلك.
ب- يجب أن لا يقل الحيز المسموح به لانحناء الأسلاك فى أجهزة تحكم المحركات عن القيم المذكورة فى الجدول (٤-٢) مقاسه فى خط مستقيم يقع بين نهاية طرف توصيل أو عنصر وصل السلك (فى اتجاه خروج السلك من الطرف) والجدار أو الحاجز.

جدول (٤-٢) أقل حيز بالسنتيمتر لانحناء التوصيل عند أطراف جهاز تحكم محرك باللوحة

مقطع السلك	عدد الأسلاك بكل طرف			
مم^{2}	١	٢	٣	أكثر
٢,٥-٦	-	-	-	-
١٠	٤	-	-	-
١٦	٥	-	-	-
٢٥	٦	-	-	-
٣٥	٦,٥	-	-	-

مقطع السلك	عدد الأسلاك بكل طرف			
مم[٢]	١	٢	٣	أكثر
٥٠	١٢,٥	١٢,٥	-	-
٧٠	١٥	١٥	١٩	-
٩٥	١٨	١٨	٢٠	-
١٢٠	٢٠	٢٠	٢٣	٢٥,٥
١٥٠	٢٥	٢٥	٢٧,٥	٣٠
١٨٥ ـ ٢٤٠	٣٠	٣٠	٣٢,٥	٣٥
٣٠٠	٣٦	٤١	٤٦	٤٨,٥
٤٠٠ ـ ٥٠٠	٤٦	٤٨,٥	٥١	٥٧

٤-١-١٠ الوقاية من السوائل
يجب توفير وسائل وقاية مناسبة أو أوعية مقفلة Enclosures لحماية الأجزاء العارية التى يمر بها التيار الكهربائى للمحرك ، وكذلك لحماية أطراف المحرك المعزولة الموجودة مباشرة تحت المعدات أو فى أى مكان أخر من المحتمل تساقط أو تجمع أية زيوت أو مياه أو أى سوائل ضارة أخرى إلا إذا كان المحرك مصمما لهذه الظروف.

٤-١-١١ جلب العزل Bushings
عندما تمر الأسلاك عبر فتحة فى لوحة أو صندوق توصيل أو حامل ، فيجب إستخدام جلبة لحماية الموصلات من حواف الفتحة الحادة الجوانب. ويجب أن تكون الجلبة بسطح ناعم الانحناء فى مكان تلامسها بالموصلات وعند استخدامها مع وجود زيوت أو دهون أو مواد أخرى مؤثرة فيجب أن تكون الجلبة من مادة ذات تأثير غير ضار.

٤-١-١٢ مكان تركيب المحرك

أ- التهوية والصيانة
يجب وضع المحركات ليسمح لها بتهوية كافية وبحيث يسهل عمل صيانة لها مثل تزييت أو تشحيم الكراسى أو تغيير الفرش.

ب- المحركات المفتوحة
يجب وضع المحركات ذات المبدلات Commutators أو حلقات الانزلاق Slip Rings فى مكان جيد للوقاية من انتقال أى شرر منها إلى أى مادة مجاورة قابلة للاشتعال إلا أن ذلك لا يمنع تركيب هذه المحركات على حوامل أو أرضيات خشبية.

٤-١-١٣ التعرض لتراكم الأتربة

فى الأماكن التى يمكن أن تتجمع أتربة أو مواد متطايرة على أو فى المحرك بكميات تشكل خطرا على تهوية أو تبريد المحركات بما ينتج عنه ارتفاع خطير فى درجات الحرارة فينبغى استخدام محركات مقفلة من نوع مناسب لا ترتفع درجة حرارتها تحت هذه الظروف. فى الحالات الحادة قد يحتاج الأمر استخدام محركات بتهوية أنبوبية Pipe-Ventilation أو بوضع المحرك فى غرفة منفصلة محكمة ضد الأتربة ويتم تهويته جيدا بهواء نظيف.

٤-١-١٤ أكبر قيمة مقننة لمحرك

أكبر مقنن لمحرك وفقا للبنود ٤-٢-٤ ، ٤-٤-٣ يجب أن يكون مناظرا لأقصى تيار حمل كامل وتيار الحمل الكامل المشار إلية يناظر مقنن قدرة المحرك المختارة من الجدولين (٤-٦)، (٤-٧).

٤-١-١٥ الجهد الاسمى لمنظومات التقويم

يستخدم الجهد الاسمى المتردد المطلوب تقويمه (توحيده) فى تقدير الجهد الخارج من منظومة التقويم ، ويستخدم الجهد المستمر للمقوم إذا زاد عن القيمة العظمى للجهد المتردد المطلوب تقويمه.

٤-٢ موصلات دائرة المحرك

٤-٢-١ مقدمة

يحدد هذا الجزء مقطع الموصلات التى تتحمل مرور تيار المحرك بدون حدوث تسخين زائد فى الظروف المقررة.

٤-٢-٢ المحرك المنفرد

أ- عموميات

يجب أن تتحمل الدائرة الفرعية التى تغذى المحرك المنفرد تيارا لا يقل عن ١٥٠ % من تيار الحمل الكامل المقرر للمحرك.

استثناء ١ :

يجب أن لا تقل السعة التيارية لموصلات المحرك المستخدم لنمط التشغيل القصير الأجل أو المتقطع أو المتغير عن النسب المئوية لتيار المحرك المقنن الموضح على لوحة بيانات المحرك وهذه النسب موضحة فى الجدول (٤-٣) وإذا وافقت السلطة المختصة يمكن السماح بمساحة مقطع أقل.

استثناء ٢ :

فى حالة محركات التيار المستمر التى تتغذى من مصدر قدرة عبارة عن موحد طور واحد فإنه يجب أن لا تقل السعة التيارية للموصلات بين جهاز التحكم والمحرك عن النسب المئوية الآتية من تيار الحمل الكامل للمحرك :

أ- ١٩٠ % حيث يوجد موحد نصف موجه.
ب- ١٥٠ % حيث يوجد موحد موجه كاملة.

جدول رقم (٤-٣) النسب المئوية لتيار الحمل المقنن حسب نمط التشغيل

نمط التشغيل	النسبة المئوية لتيار الحمل المقنن			
	تشغيل ٥ دقائق	تشغيل ١٥ دقيقة	تشغيل ٣٠ ، ٦٠ دقيقة	تشغيل مستمر
قصير الأجل	١١٠	١٢٠	١٥٠	-
متقطع	٨٥	٨٥	٩٠	١٤٠
دوري	٨٥	٩٠	٩٥	١٤٠
مستمر	١١٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠

تصنيف الخدمة

نمط تشغيل قصير الأجل : مثل تشغيل البلوف ورفع وخفض الأسطوانات.
نمط تشغيل متقطع : مثل المصاعد وماكينات الورش .... الخ.
التشغيل الدوري : مثل الدرفلة ونقل خامات التشغيل.
النمط المستمر : مثل المضخات وكباسات الهواء.

٤-٢-٣ الدائرة الثانوية للعضو الدائر الملفوف

أ- نمط التشغيل المستمر

فى حالة التشغيل المستمر ، يجب أن تكون السعة التيارية للموصلات التى تحمل التيار المتردد بين الدائرة الثانوية للعضو الدائر الملفوف وجهاز التحكم لا تقل عن ١٢٥ % من تيار الحمل الكامل الثانوى للمحرك.

ب- أنماط تشغيل أخرى

فى حالة أنماط التشغيل المختلفة عن النمط المستمر يجب أن تكون السعة التيارية لهذه الموصلات كنسبة مئوية من التيار الثانوى للحمل الكامل لا تقل عن القيم المقررة فى الاستثناء المبين فى جدول رقم (٤-٣).

ج- مقاومة منفصلة عن جهاز التحكم

عندما تكون المقاومة الثانوية منفصلة عن جهاز التحكم يجب أن لا تقل السعة التيارية للموصلات بين جهاز التحكم والمقاومة عن القيم المبينة فى الجدول رقم (٤-٤).

جدول رقم (٤-٤) الموصل الثانوي

تصنيف نمط تشغيل المقاومة	السعة التيارية للموصل كنسبة مئوية من تيار الحمل الكامل الثانوي
نمط البدء الخفيف	٣٥
نمط البدء الثقيل	٤٥
نمط البدء الثقيل جدا	٥٥
نمط التشغيل المتقطع الخفيف	٦٥
نمط التشغيل المتقطع المتوسط	٧٥
نمط التشغيل المتقطع الثقيل	٨٥
نمط التشغيل المستمر	١١٠

٤-٢-٤ الموصلات المغذية لعدة محركات

إذا كانت الموصلات تغذى محركين أو أكثر فيجب أن تكون سعتها التيارية مساوية لمجموع تيار الحمل الكامل المقنن لجميع المحركات علاوة على ٢٥ % من التيار المقنن لأكبر محرك فى المجموعة إذا كان نمط عمل محرك أو أكثر لمدة قصيرة أو متقطعة أو دورية أو متغيرة فإنه ينبغى حساب السعة التيارية كالآتى :

١- أوجد مقنن تيار كل محرك يعمل على نمط تشغيل غير مستمر من جدول رقم (٤-٣).
٢- أوجد مقنن التيار اللازم لكل محرك يعمل بنمط تشغيل مستمر على أساس ١٠٠ % من مقنن تيار الحمل الكامل.
٣- أضرب أكبر مقنن تيار محرك تم إيجاده من الخطوة (١) ، (٢) أعلاه فى ١٢٥ % ثم أجمع مقننات تيار المحركات الأخرى المحسوبة فى الخطوة (١) ، (٢) وإختيار السعة التيارية للموصل يساوى التيار الكلى الناتج.

استثناء :

عندما تكون الدائرة متواشجة Interlocked لتمنع بدء حركة وتشغيل محرك ثانى أو مجموعة من المحركات فيجب أن يكون حجم الموصل محسوبا على أساس المحرك الأكبر أو مجموعة المحركات التى سوف يسمح بتشغيلها فى وقت معين.

٤-٢-٥ موصلات تغذى محركات وأحمال أخرى

أ- حمل مركب

يتم حساب السعة التيارية للموصلات المغذية لمحرك بالإضافة إلى حمل إضاءة أو جهاز آخر على أساس التيار المسموح به للحمل والتيار المسموح له للمحرك حسب البند (٤-٢-٢) ، (٤-٢-٤).

ب- المحركات المتعددة والأحمال المركبة بالمعدات

يجب أن لا تقل السعة التيارية للموصلات المغذية للمحركات والأحمال المركبة بالمعدات عن التيار المؤشر به على المعدة.

٤-٢-٦ معامل طلب المغذى Feeder Demand Factor

إذا كان تشغيل محرك بالنمط المتقطع أو عدم تشغيل المحركات كلها فى وقت واحد ينشأ عنه تخفيض فى تسخين الموصلات فيمكن للسلطة المختصة السماح بسعة تياريه لموصلات المغذى أقل من المقررة فى البند (٤-٢-٤) ، (٤-٢-٥) وبفرض أن السعة التيارية للموصلات كافية لأقصى حمل يتم تقديره بناء على حجم وعدد المحركات المغذاة وطبيعة الأحمال وأنماط تشغيلها.

٤-٢-٧ محركات بالمكثفات

أ- المقنن الكلى للمكثفات بالكيلو فولت أمبير

يجب أن يكون الكيلو فولت أمبير المقنن للمكثفات المتصلة بجهة الحمل من جهاز التحكم فى المحرك بحيث لا يزيد عن القيمة اللازمة لرفع معامل قدرة اللاحمل لدائرة المحرك الفرعية عن الوحدة.

ب- محرك لا يتعرض لعمليات فصل وتوصيل غير عادية

يسمح بتوصيل مكثفات على أطراف المحركات التى لا تعمل تحت ظروف غير عادية من التشغيل مثل عكس التوصيل Plugging أو العكس السريع Rapid Reversal أو إعادة التوصيل أو أى عمليات أخرى مشابهة يمكن أن تنشأ عنها جهود أو عزوم زائدة.

ج- السعة التيارية لموصلات المكثف

يجب أن لا تزيد السعة التيارية لموصلات دائرة المكثف عن ١٣٥ % من التيار المقنن للمكثف.

د- ضبط جهاز حماية المحرك من الزيادة فى التيار

عندما يكون المحرك مزودا بمكثف متصل على جهة الحمل بالنسبة لجهاز الحماية من الزيادة فى التيار فيجب أن يكون ضبط جهاز الوقاية حسب المقرر فى البند (٤-٣-٢).

استثناء :

تستخدم قيمة تيار دائرة المحرك بعد تحسين معامل القدرة وهى أقل من تيار الحمل الكامل للمحرك كما هو وارد فى البند (٤-٣-٢) ويسرى البند (٤-٢-٢) على مقنن موصلات المحرك.

٤-٣ حماية المحرك ودائرته الفرعية

٤-٣-١ مقدمة

يحدد هذا الجزء أجهزة الوقاية من الزيادة فى الحمل اللازمة لحماية محركات وأجهزة التحكم فى المحرك وموصلات الدائرة الفرعية للمحرك ضد الحرارة الزائدة الناجمة عن تحميل المحرك بأكثر من حملة وعند فشله فى بدء حركته حيث ينشأ عن الزيادة فى تحميل المعدات الكهربائية سحب تيار تشغيل أكبر من المقرر مما ينجم عن استمراره أضراراً أو أخطاراً تسبب السخونة الزائدة للمعدات ، وهذا لا يشمل أخطاء القصر أو الأرضى. كما يجب عدم فهم هذه المعطيات على أنها مطلوبة للحماية من الزيادة فى الحمل فى الحالات التى قد يتسبب عنها خطر إضافى أو متزايد مثل فى المحركات التى تدير طلمبات

الحريق كذلك لا تسرى الشروط الواردة بالبند (٤-٣-٢-٢) على دوائر المحركات التى تعمل على جهد أعلى من ٦٠٠ فولت أنظر الجزء (٤-٩).

٤-٣-٢ محركات تعمل بنمط تشغيل مستمر

٤-٣-٢-١ محركات بقدرة أكبر من ١ حصان

يجب حماية المحركات التى تعمل بقدرة أكبر من حصان بنمط تشغيل مستمر ضد الزيادة فى الحمل بأحد الطرق الآتية :

١- جهاز وقاية منفرد يتجاوب لتيار المحرك

يجب اختيار هذا الجهاز ليفصل عند تيار لا يزيد عن القيم المئوية الآتية منسوبة إلى تيار الحمل الكامل المقرر المدون على لوحة بيانات المحرك.

١٢٥ % للمحركات ذات معامل خدمة لا تقل عن ١,١٥ .
١٢٥ % للمحركات التى لا يجب أن يزيد الارتفاع فى درجة الحرارة لها عن ٤٠ درجة مئوية.
١١٥ % المحركات الأخرى.

كما يمكن تعديل هذه القيم حسب بند (٤-٣-٤).

فى حالة المحركات المتعددة السرعة ، يجب اعتبار تيار كل ملف بصفة منفردة عندما لا يمر بجهاز وقاية الزيادة فى حمل المحرك التيار الكلى المبين على لوحة بيانات المحرك مثل فى حالة بدء الحركة بطريقة نجمة دلتا ، كما يجب أن توضح النسبة المئوية المضبوطة بالنسبة للتيار المقرر للمحرك والخاص باختيار أو ضبط جهاز الوقاية من زيادة الحمل ويتم توضيح ذلك على لوحة بيانات المعدة أو فى جدول الاختبار الذى يقترحه صانع المعدة.

٢- واقى حرارى ضمن المحرك

يجب أن يكون معتمدا للاستعمال مع المحرك لوقايته على أساس منع حدوث زيادة كبيرة فى ارتفاع درجة الحرارة بالمحرك بسبب زيادة الحمل أو فشل بدء الحركة. أما تيار الفصل الأقصى للمحرك ذو الوقاية الحرارية ينبغى أن لا يزيد عن القيم المئوية الآتية منسوبة إلى تيار الحمل الكامل للمحرك.

١٧٠ % إذا لم يزيد تيار الحمل الكامل للمحرك عن ٩ أمبير.
١٥٠ % إذا كان تيار الحمل الكامل للمحرك بين ٩,١ ، ٢٠ أمبير.
١٤٠ % إذا كان تيار الحمل الكامل للمحرك أكبر من ٢٠ أمبير.

وإذا كان جهاز قطع تيار المحرك منفصلا عن المحرك ودائرة التحكم يتم تشغيلها عن طريق جهاز الوقاية المتكامل مع المحرك فيجب أن تكون مصممة بحيث أن يتسبب فتح دائرة التحكم فى قطع تيار المحرك.

٣- يعتبر المحرك محميا بطريقة صحيحة

إذا كان جزءا من مجموعة معتمدة لا يتسبب عنها أى زيادة فى حمل المحرك فى الظروف العادية وإذا كان هناك جهاز وقاية ضمن المحرك يعمل على حماية المحرك من أضرار الفشل فى بدء الحركة.

٤- فى حالة المحركات الأكبر من ١٥٠٠ حصان

يكون جهاز الوقاية عبارة عن كاشفات لدرجة الحرارة بالداخل وتعمل على فصل تيار المحرك عندما يصل الارتفاع فى درجة حرارته إلى قيمة أكبر من المؤشر بها على لوحة بيانات المحرك إذا كانت درجة حرارة الجو المحيط ٤٠ درجة مئوية.

٤-٣-٢-٢ محركات بقدرة لا تزيد عن حصان ولا تبدأ حركتها تلقائيا

١- يمكن اعتبار أى محرك يعمل بنمط مستمر وقدرته لا تزيد عن حصان واحد ويستخدم مؤقتا ولا يبدأ حركته تلقائيا ، وعلى مرمى النظر من مكان جهاز التحكم ، محميا ضد الزيادة فى الحمل إذ كان على دائرة تغذيته الفرعية جهاز وقاية ضد أخطاء القصر والأرضى ويجب أن لا يزيد سعة هذا الجهاز عما هو مقرر فى الجزء ٤-٤ .

٢- إذا كان هذا المحرك المشار إليه ليس على مرمى البصر من جهاز التحكم ، فيجب حمايته حسب ما هو مقرر فى البند ٤-٣-٢ .

٤-٣-٢-٣ محرك بقدرة لا تزيد عن حصان ويبدأ تشغيله تلقائيا

أى محرك لا تزيد قدرته عن حصان ويبدأ عملة تلقائيا يجب حمايته من الزيادة فى الحمل بأحد الطرق الآتية :

١- جهاز وقاية من الزيادة فى الحمل منفصل ويتجاوب لتيار المحرك ويجب اختيار هذا الجهاز ليقوم بعملية الفصل عند تيار ذو قيمة مئوية ١٢٥ % منسوبة إلى تيار الحمل الكامل للمحرك المبين على لوحة بياناته.

٢- جهاز وقاية حرارى متكامل مع المحرك ومعتمد للاستخدام مع المحرك المخصص لحمايته على أساس أنه يمنع الزيادة الخطرة فى حرارة المحرك نتيجة الزيادة فى الحمل أو الفشل فى بدء التشغيل. إذا كانت وسيلة قطع تيار المحرك منفصلة عن المحرك ودائرة تحكمها يتم تشغيلها من جهاز وقاية متكامل مع المحرك ، فيجب تصميم الدائرة بحيث يتسبب فتح دائرة التحكم فى قطع دائرة المحرك.

٣- يعتبر المحرك تحت حماية مناسبة إذا كان جزءا من مجموعة حركة معتمدة التصميم ولا يتعرض فيها المحرك عادة إلى أى زيادة فى الحمل وهناك جهاز وقاية متكامل مع المحرك يعمل على حماية المحرك ضد أى تلف ناتج عن فشل بدء الحركة، أو إذا كانت المجموعة مجهزة بوسائل تأمين أخرى تعمل على حماية المحرك من الفشل فى بدء الحركة ويجب بيان وسيلة التأمين بوضوح على لوحة بيانات المجموعة.

٤- إذا كانت معاوقة Impedance ملفات المحرك كافية لمنع حدوث ارتفاع فى درجة حرارته عن الحد المسموح به فى حالة فشل بدء الحركة ، فيمكن السماح للمحرك بأن يكون محميا حسب المقرر فى البند ٤-٣-٢ . أما بالنسبة للمحركات التى يبدأ تشغيلها يدويا وبحيث يكون المحرك جزء من مجموعة معتمدة التصميم ويتحدد فيها عمل المحرك بحيث لا تزداد حرارته إلى الحد الخطر. ينطبق ذلك على العديد من محركات التيار المتردد بقدرة أقل من ٣٥ وات مثل محركات الساعات وغير ذلك وكذلك بالنسبة لبعض المحركات الأكبر فى القدرة مثل محركات العزم ولا يسرى ذلك على محركات الطور المشقوق Split-Phase ذات المفاتيح الأوتوماتيكية التى تعمل على فصل ملفات البدء.

٤-٣-٢-٤ دوائر العضو الدائر الملفوف

يمكن اعتبار دوائر العضو الدائر الملفوف فى محركات التيار المتردد بما فى ذلك من موصلات وأجهزة تحكم ومقاومات ..... الخ ، على أنها محمية ضد الزيادة فى الحمل بواسطة جهاز وقاية المحرك من الزيادة فى الحمل.

٤-٣-٣ التشغيل المتقطع وما يماثله

فى حالة محرك يعمل لفترات قصيرة أو متقطعة أو بطريقة دورية أو بنمط تشغيل متغير كما هو مبين فى الجدول رقم (٤-٣) فإنه يمكن اعتبار المحرك محميا ضد الزيادة فى الحمل بواسطة جهاز الوقاية ضد تيار قصر وخطأ الأرضى لدائرة فرع التغذية على فرض ان جهاز الوقاية مضبوط على قيمة لا تتعدى الحد المقرر فى الجدول رقم (٤-٩) . سوف يعتبر نمط تشغيل المحرك مستمرا فيما عدا الحالات التى لا تسمح فيها طبيعة الحمل بالتشغيل المستمر تحت أى ظروف الاستعمال.

٤-٣-٤ اختيار مرحل الزيادة فى الحمل

إذا كان مرحل الزيادة فى الحمل الذى تم اختياره حسب البند ٤-٣-٢ غير كاف لبدء تشغيل المحرك أو تحمل الحمل فيمكن اختيار السعة الأكبر التالية بفرض أن تيار فصل المرحل لا يتعدى القيم المئوية الآتية منسوبة إلى تيار الحمل الكامل المقنن للمحرك :

- ١٤٠ % للمحركات ذات معامل الخدمة التى لا تقل عن ١,١٥ .
- ١٤٠ % للمحركات المؤشر عليها بعدم الزيادة فى ارتفاع درجة حرارتها عن ٤٠ درجة مئوية.
- ١٣٠ % المحركات الأخرى.

يجب أن يزود المرحل بتأخير زمنى كاف ببدء حركة المحرك والوصول إلى سرعة الحمل المطلوبة إذا كان المرحل لا يتم إخراجه Shunted خلال فترة بدء حركة المحرك حسب البند ٤-٣-٥ .

٤-٣-٥ إخراج جهاز الوقاية أثناء فترة بدء الحركة

أ- البدء الغير تلقائى

فى حالة محرك يبدأ تشغيله بطريقة غير تلقائية يمكن السماح بإخراج جهاز وقاية الزيادة فى الحمل من الدائرة أثناء فترة بدء حركة المحرك بفرض أن المصهرات أو قواطع الدائرة ذات التوقيت العكسى Inverse Time مضبوطة على قيمة لا تزيد عن ٤٠٠ % من تيار الحمل الكامل للمحرك وموضوعة فى الدائرة بحيث تكون فى حالة تشغيل أثناء فترة بدء حركة المحرك.

ب- البدء التلقائى

يجب عدم إخراج جهاز وقاية الزيادة فى الحمل للمحرك أثناء فترة بدء الحركة إذا كان بدء حركة المحرك يتم تلقائيا.

٤-٣-٦ المصهرات

عند استخدام المصهرات لحماية المحرك من الزيادة فى الحمل فيجب وضع مصهر فى دائرة كل موصل غير مؤرض.

٤-٣-٧ أجهزة أخرى غير المصهرات – مواقعها

عند استخدام أجهزة أخرى غير المصهرات لحماية المحرك من الزيادة فى الحمل فإن الجدول رقم (٤-٥) يبين أقل عدد ومكان وحدات الوقاية ضد الزيادة فى الحمل مثل ملفات الفصل والمرحلات والفاصلات الحرارية Thermal Cutouts .

جدول رقم (٤-٥) وحدات الوقاية ضد الزيادة فى الحمل

نوع المحرك	نظام التغذية	عدد ومكان وحدات الزيادة فى الحمل
طور واحد متردد أو مستمر	موصلين ، وجه واحد متردد أو تيار مستمر غير مؤرض	واحد على كل موصل
طور واحد متردد أو مستمر	موصلين ، طور واحد متردد أو مستمر ، أحد الموصلات متصل بالأرضى	واحد على الموصل الغير متصل بالأرضى
طور واحد متردد أو مستمر	ثلاثة موصلات ، طور واحد متردد أو مستمر سلك التعادل متصل بالأرضى	واحد على أحد الموصلات الغير متصلة بالأرضى
ثلاثة أطوار تيار متردد	أى نظام ثلاثى الطور	ثلاثة بمعدل واحدة لكل طور

٤-٣-٨ عدد الموصلات التى تفصلها أجهزة الوقاية من الزيادة فى الحمل

يجب أن تقوم أجهزة الوقاية من الزيادة فى الحمل (غير المصهرات أو القواطع الحرارية أو الواقيات الحرارية) بفتح دائرة عدد كاف من الموصلات غير المؤرضة فى نفس الوقت وذلك لإيقاف مرور التيار فى دائرة المحرك.

٤-٣-٩ جهاز التحكم كوسيلة للوقاية من الحمل الزائد

يمكن السماح لجهاز التحكم فى المحرك للعمل كوسيلة للوقاية من الزيادة فى الحمل إذا كان عدد وحدات الوقاية فى الزيادة فى الحمل حسب ما هو مقرر فى الجدول رقم (٤-٥) ، وإذا كانت هذه الوحدات تعمل فى كل أوضاع بدء الحركة والتشغيل للمحركات الكهربائية.

٤-٣-١٠ الفاصلات الحرارية ومرحلات الزيادة فى الحمل

يجب وضع مصهرات أو قواطع دائرة أو جهاز وقاية من قصر دائرة المحرك بمقننات محددة حسب البند ٤-٤-٢ لحماية الفاصلات الحرارية ومرحلات الزيادة فى الحمل والأجهزة الأخرى المستخدمة لحماية المحرك من الزيادة فى الحمل إذا كانت تلك الأجهزة لا يمكنها فتح الدائرة فى حالة القصر.

استثناء ١ :

حيث توجد مجموعة من التركيبات مؤشر عليها بأكبر حجم للمصهر أو قاطع الدائرة بالتوقيت العكسى ثم اعتماده للوقاية.

استثناء ٢ :

فى حالة السماح بالإشارة إلى مقنن تيار المصهر أو قاطع الدائرة على لوحة البيانات المعتمدة للمعدة المستخدم للفاصل الحرارى أو مرحل الزيادة فى الحمل.

٤-٣-١١ إعادة بدء الحركة التلقائى

يجب عدم تركيب جهاز وقاية زيادة حمل المحرك من النوع الذى يمكن إعادة بدء تشغيل المحرك تلقائيا بعد فصل الزيادة فى الحمل إلا إذا كان ذلك معتمدا للإستعمال للمحركات التى تعمل على وقايتها. ويجب عدم توصيل المحرك وإعادة بدء الحركة التلقائى بعد الفصل فى حالة ما إذا كان هذا التشغيل التلقائى سوف ينجم عنه أى أضرار بالأشخاص. يمكن إعادة بدء تشغيل المحرك تلقائيا بعد فصل الزيادة فى الحمل إلا إذا كان هذا التشغيل التلقائى سوف ينجم عنه أى أضرار بالأشخاص.

٤-٣-١٢ تنظيم الفصل

إذا كان هنــاك احتمـــال وجود مخــاطر متزايدة للأشخاص نتيجة الفصل التلقائى الآنى Immediate Shutdown للمحرك بتأثير جهاز وقاية الزيادة فى الحمل وكان استمرار المحرك فى عمله ضروريا لسلامة الآلة أو عملية التشغيل فيجب السماح بتوصيل جهاز الوقاية بدائرة إنذار يجرى ملاحظتها بدلا من الفصل الآنى لدائرة المحرك بحيث يمكن اتخاذ الإجراء التصميمى أو فصل المحرك بطريقة منتظمة.

٤-٤ وقاية الدائرة الفرعية ضد القصر وخطأ الأرضى

٤-٤-١ مقدمة

يحتوى هذا الجزء على الأجهزة اللازمة لحماية موصلات فرع تغذية المحرك وجهاز التحكم فى المحرك من القصر والأرضى وشروط هذا الجزء تسرى على المحركات بجهد حتى ٦٠٠ فولت.

٤-٤-٢ ضبط دائرة المحرك المنفردة

يجب أن يكون جهاز حماية دائرة تغذية المحرك من القصر وخطأ الأرضى قادرا على تحمل تيار بدء المحرك ويمكن اعتبار أن الحماية اللازمة قد تحققت إذا كان مقنن جهاز الوقاية لا يتعدى القيم الموضحة فى الجدول رقم (٤-٩).

استثناء ١ :

إذا كانت القيم الموضحة فى الجدول رقم (٤-٩) الخاصة بأجهزة حماية القصر وخطأ الأرضى للدائرة الفرعية لا تناظر القيم القياسية للمصهرات أو القواطع أو أجهزة الوقاية الحرارية ، فإنه يتم إختيار القيم أو التطبيقات الأعلى التالية المسموح بها.

استثناء ٢ :

إذا لم تكن القيم الواردة فى الجدول (٤-٩) غير مناسبة لحالة بدء حركة المحرك :

أ- تختار سعات أكبر للمصهرات السريعة القطع Non-time-Delay حتى ٦٠٠ أمبير بحيث لا تزيد عن أربعة مرات تيار الحمل الكامل.

ب- يسمح بزيادة سعة مصهرات التأخير الزمنى بحيث لا تتعدى ٢٢٥ % من تيار الحمل الكامل.

ج- يسمح بزيادة مقنن قاطع التأخير العكسى Inverse Time بحيث لا يزيد عن :

١- ٤٠٠ % من تيار الحمل الكامل للتيارات حتى ١٠٠ أمبير.

٢- ٣٠٠ % من تيار الحمل الكامل للتيارات الأكبر من ١٠٠ أمبير.

د- يسمح باختيار مصهرات أكبر لتلك المصنفة بين ٦٠١ إلى ٦٠٠٠ أمبير بحيث لا تزيد عن ٣٠٠ % من تيار الحمل الكامل.

والقيم القياسية لمقننات المصهرات والقواطع المستخدمة فى دوائر تغذية المحركات هى :

١٥ ـ٢٠ ـ٢٥ ـ ٣٠ ـ ٣٥ ـ ٤٠ ـ ٤٥ ـ ٥٠ ـ ٦٠ ـ ٧٠ ـ ٨٠ ـ ٩٠ ـ ١٠٠ ـ ١٢٥ ـ ١٥٠ ـ ١٧٥ ـ ٢٠٠ ـ ٢٢٥ ـ ٢٥٠ ـ ٣٠٠ ـ ٣٥٠ ـ ٤٠٠ ـ ٤٥٠ ـ ٥٠٠ ـ ٦٠٠ ـ ٧٠٠ ـ ٨٠٠ ـ ١٠٠٠ ـ ١٢٠٠ ـ ١٦٠٠ ـ ٢٠٠٠ ـ ٢٥٠٠ ـ ٣٠٠٠ ـ ٤٠٠٠ ـ ٥٠٠٠ ـ ٦٠٠٠ أمبير.

يمكن استخدام قواطع آنية Instantaneous الفصل إذا كانت هذه القواطع قابلة للضبط Adjustable وتكون جزءا من مجموعة جهاز التحكم بها وجهاز وقاية لحماية المحرك من الحمل الزائد والقصر وخطأ الأرضى على كل موصل. ويجب استخدام جهاز وقاية المحرك من القصر بدلا من الأجهزة المدرجة فى الجدول رقم (٤-٩) إذا كان جهاز وقاية المحرك جزءا من مجموعة التحكم التى تحتوى على كل من الوقاية من الحمل الزائد والقصر والأرضى على كل موصل وبشــرط ألا تعمل على تيار يزيد عن ١٣٠ % من تيار الحمل الكامل . لا تستخدم القواطع الآنية الفصل أو أجهزة وقاية القصر للمحرك إلا إذا كانت جزءا من مجموعة التحكم فى المحرك التى تسمح بحماية منسقة للزيادة فى الحمل والقصر وخطأ الأرضى فى دائرة تغذية المحرك.
بالنسبة لمحركات السرعة المتعددة يسمح باستخدام وقاية منفرده للقصر والأرضى لملفين أو أكثر من المحرك بفرض أن مقنن جهاز الوقاية لا يتعدى القيم المئوية المشار إليها بعالية منسوبة إلى التيار المبين على لوحة البيانات الخاص بأصغر ملف تحت الحماية.

مثال :
أوجد مساحة مقطع الموصلات وأجهزة وقاية الزيادة فى الحمل ووقاية القصر والأرضى لفرع تغذية المحرك والمغذى الرئيسى وذلك عند تغذية محرك ٢٥ حصان تأثيرى ثلاثى الطور بعضو دائر قفص سنجابى (يبدأ حركته على الجهد الكامل ومعامل خدمته ١,١٥ ورقمه الكودى (ف) ومحركين كل منهما ٣٠ حصان من النوع التأثيرى بعضو دائر ملفوف (٤٠ درجة مئوية ارتفاع درجة الحرارة) يعملان على مصدر ٤٦٥ فولت ثلاثى الوجه ٥٠ هيرتز.

الحــل :

تيار الحمل الكامل لمحرك ٢٥ حصان = ٣٤ أمبير
وحسب البند (٤-٢-٢) يكون :
تيار الدائرة الفرعية المغذية للمحرك = ١,٢٥ x ٣٤ = ٤٢,٥ أمبير
تيار الحمل الكامل لمحرك ٣٠ حصان = ٤٠ أمبير
وحسب البند (٤-٢-٢) يكون :
تيار الدائرة الفرعية المغذية للمحرك = ١,٢٥ x ٤٠ = ٥٠ أمبير
السعة التيارية للمغذى الرئيسى = ١,٢٥ x ٤٠ + ٤٠ + ٣٤ = ١٢٤ أمبير
(حسب البند ٤-٢-٤)

الحماية ضد الحمل الزائد والقصر وخطأ الأرضى

أ- وقاية ضد الحمل الزائد
حسب البند (٤-١-٥) أو البند (٤-٣-٢) تكون الحماية من الحمل الزائد فى جهاز حماية منفرد للزيادة فى الحمل للمحرك ٢٥ حصان الذى حمله الكامل ٣٤ أمبير يجب أن لا يزيد تيار جهاز الحماية عن ٤٢,٥

أمبير أما جهاز الحماية من الزيادة فى الحمل الخاص بالمحرك ٣٠ حصان الذى تيار حمله الكامل ٤٠ أمبير فإن جهاز الحماية من الزيادة فى الحمل الخاص به يجب أن لا يزيد عن ٥٠ أمبير (حسب البند ٤-١-٥) والبند (٤-٣-٢) ، فإذا كانت الحماية من الحمل الزائد غير كافية لبدء حركة المحرك أو لا تتحمل تيار الحمل فيمكن زيادتها حسب البند (٤-٣-٤) وبالنسبة لمحرك مؤشر عليه بالعبارة (محمى حراريا) فمعنى ذلك أن الحماية ضد الزيادة فى الحمل تتم عن طريق واقى حرارى ، أنظر (٤-١-٦) ، (٤-٣-٢) .

وقاية القصر والأرضى للدائرة الفرعية

يجب أن تكون الدائرة الفرعية للمحرك ٢٥ حصان مزودة بوقاية ضد القصر والأرضى بما لا يتعدى ٣٠٠ % بالنسبة لمصهر قطع بدون تأخير زمنى جدول رقم (٤-٩) أى ٣ x ٣٤ = ١٠٢ أمبير الحجم القياسى الأقل للمصهر هو ١٠٠ أمبير وهو غير مناسب لبدء حركة المحرك لذلك يجب زيادة حجم المصهر إلى ١١٠ أو ١٢٥ أمبير (أنظر البند ٤-٤-٢ الاستثناء).

بالنسبة للمحرك ٣٠ حصان فإن وقاية الدائرة الفرعية من القصر والأرضى تكون فى حدود ١٥٠ % جدول رقم (٤-٩) أى ١,٥ x ٤٠ = ٦٠ أمبير

إذا كانت القيمة العظمى لوقاية القصر والأرضى غير كافية لبدء حركة المحرك ، فيمكن زيادة سعة المصهر الذى يعمل بدون تأخير زمنى إلى ٤٠٠ % (البند ٤-٤-٢ الاستثناء أ).

المغذى الرئيسى

تتوقف القيمة القصوى لمقنن وقاية القصر والأرضى للمغذى الرئيسى على مجموع أكبر تيار لوقاية الدائرة الفرعية (مصهر ١١٠ أمبير) ومجموع تيارات الحمل الكامل للمحركات الأخرى ،
أى ١١٠ + ٤٠ + ٤٠ = ١٩٠ أمبير وتكون أقرب سعة قياسية للمصهر المناسب ٢٠٠ أمبير.

٤-٤-٣ وجود محركات أو أحمال على دائرة فرعية واحدة

يمكن السماح بتوصيل محركين أو محرك أو أكثر مع أحمال أخرى على نفس الدائرة الفرعية مع مراعاة الشروط الآتية :

٤-٤-٣-١ محركات أقل من واحد حصان

يسمح بتوصيل عدد من المحركات التى لا تزيد قدرتها عن حصان على دائرة فرعية بجهد حتى ١٢٠ فولت بحماية لا تزيد عن ٢٠ أمبير أو دائرة فرعية حتى ٦٠٠ فولت بحماية لا تتعدى ١٥ أمبير إذا تحققت الشروط الآتية :

١- لا يزيد الحمل الكامل لكل محرك عن ٦ أمبير.
٢- لا يزيد مقنن حماية القصر والأرضى للدائرة الفرعية عن القيم المؤشر بها على كل جهاز تحكم.
٣- جهاز وقاية الزيادة فى الحمل وفقا للبند ٤-٣-٢ .

٤-٤-٣-٢ إذا كانت الحماية على أقل المحركات قدرة

فى حالة إختيار وقاية دائرة التغذية الفرعية للقصر والأرضى بحيث لا يزيد عن المقرر فى بند ٤-٤-٢ بالنسبة لأصغر محرك فإنه يمكن السماح بتوصيل محركين أو أكثر أو واحد أو أكثر من أحمال أخرى (بفرض أن كل محرك مزود بوقاية من الزيادة فى الحمل) بدائرة التغذية الفرعية حيث يجب أن لا تعمل وقاية الدائرة الفرعية للقصر وخطأ الأرضى تحت أقصى ظروف تشغيل معتادة.

٤-٤-٣-٣ مجموعات تركيب أخرى

يسمح بالتوصيل على دائرة تغذية فرعية واحدة لمحركين أو أكثر أو محرك أو أكثر من أحمال أخرى وبفرض وجود وقاية زيادة حمل لكل محرك إذا استوفت الشروط الآتية :

١- تم اعتماد جهاز وقاية الزيادة فى الحمل لكل محرك لمجموعة التركيب مع أقصى مقنن مقرر للمصهر و / أو قاطع بتأخير زمنى عكسى.
٢- تم اعتماد كل جهاز تحكم محرك لمجموعة التركيب مع أقصى مقنن للمصهر و/أو القاطع.
٣- يكون كل قاطع من النوع ذى التأخير الزمنى العكسى ومعتمد للتركيب فى المجموعة.
٤- يتم حماية الدائرة الفرعية بمصهرات أو قواطع العكسى الزمنى بمقنن لا يزيد عن المقرر فى بند ٤-٤-٢ بالنسبة لأكبر محرك متصل بالدائرة الفرعية مضافا إلى ذلك مجموع مقننات تيار الحمل الكامل للمحركات الأخرى المتصلة بالدائرة، فإذا كان الناتج أقل من السعة التيارية لموصلات المنبع فإنه يمكن السماح بزيادة المقنن الأقصى للمصهرات أو القاطع إلى القيمة القياسية التالية بحيث لا تزيد عن ٨٠٠ أمبير.
٥- أن تكون مصهرات أو قواطع التأخير العكسى أقل من المسموح به فى البند٤-٣-١٠ بالنسبة للفاصل الحرارى أو مرحل وقاية الزيادة فى الحمل الذى يحمى أصغر محرك فى المجموعة.

٤-٤-٣-٤ تفريعات المحرك المنفرد Single Motor Taps

فى حالة توصيلات المجموعة المذكورة أعلاه لا تحتاج موصلات أى تفريعه تغذى محرك أى وقاية قصر أو أرضى بفرض استيفائها للآتى :

١- لا تقل السعة التيارية لأى موصل عن السعة التيارية لموصلات الدائرة الفرعية ، أو
٢- لا تقل السعة التيارية لأى موصل إلى المحرك عن ثلث سعة موصلات الدائرة الفرعية وبقيمة لا تقل عن المقرر فى البند ٤-٢-٢ ويجب أن لا يزيد طول الموصلات إلى جهاز وقاية المحرك من الزيادة فى الحمل عن ٨ متر وان يكون محمياً من أى أضرار طبيعية .

٤-٤-٤ معدات المحركات المتعددة والحمل المركب

يجب أن لا يزيد مقنن وقاية القصر والأرضى لدائرة التغذية الفرعية لمعدات المحركات المتعددة والحمل المركب عن القيمة المقننة المبينة على المعدة حسب البند ٤-١-٦ .

٤-٤-٥ حماية الزيادة فى التيار المؤتلفة

Combined Overcurrent Protection

يمكن السماح بالتجميع المؤتلف لوقاية دائرة تغذية المحرك الفرعية للقصر والأرضى والزيادة فى حمل المحرك فى جهاز وقاية واحد حيث يوفر مقنن او ضبط الجهاز حماية من الزيادة فى الحمل المقررة فى البند ٤-٣-٢.

٤-٤-٦ موضع أجهزة وقاية الدائرة الفرعية Fuseholder

يجب أن توضع أجهزة وقاية الدائرة الفرعية على الموصلات حسب ما هو مقرر فى البند ٤-٣-١٠.

٤-٤-٧ حجم قاعدة المصهر

عند استخدام المصهرات لوقاية الدائرة الفرعية المغذية للمحرك من القصر والأرضى يجب أن لا يقل حجم قاعدة المصهر عن اللازم لاحتواء المصهر حسب ما هو وارد فى الجدول رقم (٤-٩) .

٤-٥ حماية القصر والأرضى لفرع تغذية المحرك

٤-٥-١ مقدمة
يحدد الجزء ٤-٥ أجهزة الوقاية المخصصة لحماية موصلات المغذى الذى تتصل به المحركات من الزيادة فى التيارات بسبب حدوث قصر أو توصيل بالأرض .

٤-٥-٢ المقنن وتيار الحمل

أ- حمل معين
المغذى المتصل به حمل (أو أحمال) محرك ثابت معين مكون من موصلات مقاطعها محددة حسب البند ٤-٢-٤، يجب أن يزود بجهاز وقاية لا يزيد مقننة عن اكبر مقنن لجهاز وقاية قصر و أرضى الدائرة الفرعية المغذية لأى محرك فى المجموعة حسب الجدول (٤-٩) مضافاً إلى ذلك مجموع تيارات الحمل الكامل للمحركات الأخرى فى المجموعة. فى حالة استخدام نفس مقنن وقاية الدائرة الفرعية للقصر والأرضى على دائرتين أو اكثر لمجموعة فإنه يمكن الأخذ فى الاعتبار المقنن الأكبر لأجهزة الوقاية فى الحسابات أعلاه.

ب- إضافات مستقبلية
فى المنشآت ذات القدرات الكبيرة حيث توجد مغذيات بسعات كبيرة تسمح بتغيرات أو توصيلات إضافية فى المستقبل يمكن السماح بأجهزة وقاية المغذيات بمقننات تتوقف على السعة التيارية لموصلات المغذى.

٤-٥-٣ مقنن أحمال الإنارة والقوى
عندما يتصل على المغذى حمل محرك بالإضافة إلى حمل إضاءة أو أجهزة ينبغى أن يكون جهاز وقاية المغذى بمقنن مناسب لتحمل حمل الإضاءة بالإضافة إلى المحرك حسب البند ٤-٤-٢ ومحركين أو أكثر حسب البند ٤-٥-٢.

٤-٦ دوائر تحكم المحركات

٤-٦-١ مقدمة
يحتوى هذا الجزء على الشروط العامة السارية على حالات خاصة لدوائر تحكم المحركات وتعرف دائرة تحكم محرك بأنها دائرة جهاز أو منظومة تحكم يمر بها تيارات الإشارات التى تعمل على تغيير أداء جهاز التحكم ولكنها لا تحمل تيار القوى الرئيسي.

٤-٦-٢ الحماية من التيار الزائد

أ- مقدمة
يوضح هذا البند ضرورة وضع حماية ضد الزيادة فى التيار عندما تكون دائرة تحكم المحرك متفرعة من جهة الحمل بالنسبة لأجهزة وقاية القصر والأرضى للدائرة الفرعية المغذية للمحرك ولا تعتبر دائرة التحكم المتفرعة هذه كدائرة فرع و ينبغى حمايتها بجهاز وقاية إضافى أو جهاز وقاية زيادة فى تيار الدائرة الفرعية.

ب- حماية الموصلات

١- يجب حماية الموصلات الأكبر من ٢,٥مم٢ ضد الزيادة فى التيار حسب سعتها التيارية وتتحدد السعات التيارية بدون الأخذ فى الاعتبار معامل التخفيض Derating Factor
٢- بالنسبة للموصلات ذات المقطع ١ ، ١,٥ ، ٢,٥مم٢ يجب حمايتها بأجهزة وقاية ذات مقنن لا يزيد عن ٢٠أمبير.

ج- محول دائرة التحكم

فى حالة وجود محول لدائرة تحكم المحرك فإنه يجب حماية المحول وفقاً للقواعد المتبعة فى حماية المحولات حيث لا يزيد مقنن جهاز الوقاية على الجانب الابتدائى عن ١٢٥% من التيار الابتدائى.

استثناء ١ :

يتم حذف الوقاية من التيار الزائد إذا كان فتح دائرة التحكم سوف يتسبب عنها مخاطر مثل حالة دائرة تحكم محرك طلمبة إطفاء حريق وما شابه ذلك.

٤-٦-٣ حماية المواصلات ميكانيكياً

إذا كانت موصلات دائرة التحكم فى المحرك معرضة لأضرار ينتج عنها مخاطر فإن جميع الموصلات الخاصة بدائرة التحكم فى المحرك عن بعد والموجودة خارج لوحة التحكم نفسه يجب وضعها فى مجرى أو وعاء مناسب لحمايتها ميكانيكياً من الأضرار.

فى حالة تأريض أحد جوانب دائرة التحكم فى المحرك يجب تصميم الدائرة بحيث لا يتم بدأ تشغيل المحرك عند حدوث وصلة أرضى عن طريق الخطأ فى أجهزة التحكم عن بعد.

٤-٦-٤ الفصل

١- مقدمة

يجب تصميم دوائر التحكم بحيث تكون مفصولة عن جميع مصادر التغذية عندما تكون وسائل الفصل فى الوضع المفتوح ، ومن الممكن اعتبار وسائل الفصل على أنها مكونة من جهازين منفردين أو اكثر بحيث يفصل أحدهما المحرك وجهاز التحكم عن مصدر (مصادر) التغذية الكهربية للمحرك والأخرى تعمل على فصل دائرة أو (دوائر) التحكم من مصدر تغذية القوى الكهربية. وعند استخدام أجهزة منفردة فيجب وضعها متجاورة لبعضها.

استثناء ١ :

إذا كان هناك أكثر من ١٢ موصل تحكم لمحرك يلزم فصلها فيمكن السماح بعدم وضع أجهزة الفصل بجوار بعضها البعض بفرض توافر الشروط الآتية :

أ- لا يمكن الوصول إلى الأجزاء الحية من الدائرة إلا للأشخاص المسئولين حسب الجزء (٤-١٠) من هذا الكود.
ب- يجب وضع علامة تحذيرية بصفة دائمة على الجانب الخارجى من باب أو غطاء لوحة الجهاز التى تسمح بالوصول إلى الأجزاء الحية من دائرة (دوائر) تحكم المحرك وذلك للتحذير من أن وسائل فصل دائرة تحكم المحرك موضوعة على بعد ، ولتحديد مكان ونوع كل فاصل إذا كانت

الأجزاء الحية غير موجودة داخل لوحة الجهاز فتوضع إشارة (إشارات) تحذيرية أخرى فى مكان واضح للأشخاص المحتمل وجودهم للعمل فى منطقة الأجزاء الحية.

استثناء ٢ :
فى حالة تسبب فتح فاصل أو أكثر من دائرة تحكم المحرك فى إحداث مخاطر للأرواح أو المعدات وسريان الشروط (أ) ، (ب) بالاستثناء (١) أعلاه.

٢- محول تحكم فى جهاز التحكم
إذا كان هناك محول أو وسيلة أخرى مستعملة لتخفيض الجهد لتغذية دائرة تحكم المحرك وموجودة فى جهاز التحكم فإن مثل هذا المحول أو الوسيلة يجب توصيلها على جانب الحمل بالنسبة لوسائل الفصل الخاصة بدائرة تحكم المحرك.

٤-٧ أجهزة التحكم فى المحركات الكهربائية

٤-٧-١ مقدمة
الغرض من الجزء (٤-٧) هو تحديد أجهزة التحكم المناسبة للمحركات وجهاز التحكم عبارة عن وسيلة أو مجموعة وسائل تعمل على التحكم بطريقة محدودة فى القدرة الكهربية التى تغذى جهاز أو معدة والمقصود بالوسيلة أى مفتاح أو جهاز يستخدم لبدء وإيقاف المحرك. كذلك أى جهاز تغير سرعة للمحرك يعتبر أحد أجهزة التحكم فى المحركات.

٤-٧-٢ تصميم جهاز التحكم

أ- البدء والإيقاف
يجب أن يكون كل جهاز قادرا على بدء وإيقاف المحرك المتصل بدائرته ، كما أنه له القدرة على فصل تيار المحرك إذا حدث منع لدوران عضوه الدائر.

ب- المحول الذاتى
يجب أن يوفر المحول الذاتى ظروف تشغيل لوضع الفتح ووضع التشغيل ووضع واحد على الأقل لبدء الحركة ويجب أن يكون مصمما بحيث لا يحدث عنه تعطيل لعمل جهاز وقاية الزيادة فى الحمل عند بدء التشغيل أو أى وضع آخر.

ج- المقاومات المتغيرة
يجب أن تفى المقاومات المتغيرة بالشروط الآتية :

١- ينبغى تصميم مقاومات بدء حركة المحرك المتغيرة بحيث لا يمكن رفع ذراع التلامس من على القطاعات البينية ويجب أن لا تكون النقطة أو اللوح الذى يرتكز عليه الذراع فى وضع بدء الحركة متصلا كهربيا مع المقاومة.
٢- يجب تزويد المقاومات المتغيرة لبدء حركة محركات التيار المستمر التى تتغذى من مصدر جهد ثابت بجهاز أوتوماتيكى لفصل المصدر قبل أن تنخفض سرعة المحرك إلى سرعة أقل من ثلث القيمة المعتادة.

٤-٧-٣ السعة
يجب أن تكون سعة جهاز التحكم بقدرة مناسبة لا تقل عن قدرة المحرك المقررة.

استثناء ١ :
للمحركات الثابتة بقدرة حتى ٢ حصان وجهد حتى ٣٠٠ فولت ، يمكن أن يكون جهاز التحكم مفتاح عادى بمقنن تيار لا يقل عن ضعف تيار الحمل الكامل المقنن للمحرك. فى دوائر التيار المتردد تكون المفاتيح العادية السريعة الفتح Snap Switched مناسبة للتحكم فى محركات التيار المتردد بقدرة لا تزيد عن ٢ حصان ولا تتعدى ٣٠٠ فولت ومقنن تيارها لا يزيد عن ٨٠ % من التيار المقنن للمفتاح (التيار المقنن للمحرك).

استثناء ٢ :
يسمح فقط بقاطع تيار ذى تأخير زمنى على الدائرة الفرعية بمقنن يماثل مقنن جهاز التحكم وعندما يكون هذا القاطع مزودا بوقاية الزيادة فى الحمل فيجب أن يفى بالشروط الخاصة بهذا النوع من الوقاية.

استثناء ٣ :
يجب أن يكون جهاز تحكم محرك العزم من النوع الذى يعمل بالنمط المستمر وبمقنن تيار لا يقل عن مقنن التيار المذكور على لوحة بيانات المحرك ، أما بالنسبة لأجهزة تحكم المحركات المقننة بدلالة القدرة وليست بدلالة التيار المذكور سابقا فيمكن تقدير التيار المقنن المناظر من بيان القدرة المقننة حسب الجداول أرقام (٤-٦ ، ٤-٧ ، ٤-٨).

٤-٧-٤ اشتمال موصلات مؤرضة
يمكن السماح بتوصيل أحد أطراف جهاز التحكم بموصل مؤرض بصفة دائمة بفرض أن الجهاز مصمم بحيث يستحيل فتح دائرة هذا الموصل المؤرض بدون فتح دائرة بقية الموصلات المتصلة بالجهاز فى نفس الوقت.

٤-٧-٥ المحرك الواقع بعيد عن مرمى البصر من جهاز التحكم
إذا كان المحرك والماكينة التى يديرها لا تقع على مرمى البصر من موقع جهاز التحكم فيجب أن تخضع التوصيلات للشروط الآتية :

أ- القدرة على وصده فى حالة الفتح
يجب أن تتمتع وسيلة فصل جهاز التحكم بإمكانية وصدها Being Locked فى وضع الفتح.

ب- على مرمى البصر من موقع المحرك
يجب وضع المفتاح اليدوى الذى يفصل المحرك عن مصدر تغذيته على مرمى البصر من موقع المحرك.

٤-٧-٦ عدد المحركات التى تعمل على كل جهاز تحكم
يجب أن يزود كل محرك بجهاز تحكم منفرد.

استثناء :
بالنسبة للمحركات ذات الجهد الذى لا يتعدى ٦٠٠ فولت فيمكن استخدام جهاز تحكم لخدمة مجموعة من المحركات بمقنن قدرة مساوى لمجموع مقننات قدرة هذه المحركات على أن يفى بأحد الشروط الآتية :

أ- قيام عدد من المحركات بإدارة أجزاء مختلفة من ماكينة أو جزء من جهاز واحد ، مثل آلات ورش المعادن والتجارة والأوناش والروافع وما شابه ذلك من معدات.
ب- أن يقع عدد من المحركات تحت حماية جهاز وقاية من الزيادة فى التيار حسب البند (٤-٤-٣).
ج- وجـود مجمـوعة مـن المحـركات فـى نفـس الحيـز الموجـود فـيه جهـاز الـتحكم علـى مرمـى البصر.

٤-٧-٧ تحديد السرعة

يجب أن تزود المحركات من الأنواع المذكورة بعد بأجهزة أو وسائل مناسبة لتحديد السرعة :
أ- محركات التيار المستمر المستقلة التنبيه Separately Excited.
ب- محركات التوالى Series Motor.
ج- مجموعات المحرك - مولد أو ماكينات التحويل Converters المحتمل أن تدار بسرعات زائدة من طرف التيار المستمر ، كما فى حالة انعكاس التيار أو انخفاض الحمل.

استثناء ١ :
إذا كانت الخصـائص الداخلية لـلآلات أو منظومة التحريك أو الحمل وتوصيلاته الميكانيكية تعمل على الحد من السرعة فى الحدود الآمنة.

استثناء ٢ :
فى حالة وجود الآلة تحت سيطرة يدوية لشخص مختص وبصفة دائمة.

٤-٧-٨ استخدام حامل مصهر ومفتاح كجهاز تحكم

عند استخدام حامل مصهر ومفتاح فصل كجهاز تحكم فيجب أن يكون سعة هذه المجموعة مناسبا لاحتواء المصهر الخاص بحماية الزيادة فى حمل المحرك الدائر.

٤-٨ وسائل الفصل

٤-٨-١ مقدمة

الغرض من هذا الجزء هو تحديد وسائل الفصل القادرة على فصل المحركات وأجهزة التحكم من الدائرة.

٤-٨-٢ على مرمى البصر من جهاز التحكم

يجب أن تكون وسيلة الفصل على مرمى البصر من موقع جهاز التحكم.

استثناء ١ :
بالنسبة لدوائر المحركات بجهد حتى ٦٠٠ فولت يمكن السماح بوضع وسيلة فصل جهاز التحكم على خارج مرمى البصر بالنسبة لجهاز التحكم بشرط أن تكون هناك علامة على جهاز التحكم للتحذير وبيان مكان ورمز وسيلة الفصل التى يجب أن تكون موصدة فى وضع الفتح.

استثناء ٢ :
يسمح بوضع وسيلة فصل منفردة فى مكان ملاصق لمجموعة أجهزة تحكم منسقة بحيث تكون مجاورة لبعضها البعض على ماكينة تشغيل بمحركات متعددة.

٤-٨-٣ فصل كل من المحرك وجهاز التحكم

يجب أن تعمل وسيلة الفصل على فصل المحرك وجهاز التحكم من موصلات مصدر التغذية الغير مؤرضة ويجب أن تكون مصممة بحيث لا يمكن تشغيل أى طرف على حدة ويجب أن تكون وسيلة التحكم فى نفس لوحة جهاز التحكم. راجع البند (٤-٨-١١) بالنسبة للمعدات التى تتغذى من أكثر من مصدر تيار.

٤-٨-٤ ضرورة وضوح الإشارة

يجب أن تزود وسيلة الفصل بإشارات واضحة لتبين حالة فتحها (فصل) أو غلقها (توصيل).

٤-٨-٥ المفتاح الرئيسى كوسيلة فصل

إذا كانت المنشأة عبارة عن محرك واحد فإنه يمكن إعتبار مفتاح التغذية الرئيسى وسيلة فصل بشرط أن تكون على مرمى البصر من مكان جهاز التحكم وتفى بالشروط الخاصة بوسيلة الفصل.

٤-٨-٦ جاهزة التناول

يجب أن تكون أحد وسائل الفصل جاهزة للتناول.

٤-٨-٧ وسائل الفصل لكل مفتاح

لكل وسيلة فصل موجودة فى دائرة المحرك بين نقطة التوصيل بالمغذى ونقطة التوصيل بالمحرك يجب أن تفى بالشروط الواردة فى البندين (٤-٨-٨) ، (٤-٨-٩).

٤-٨-٨ أنواع وسائل الفصل

يجب أن تكون وسيلة الفصل مفتاح لدائرة المحرك ومقننها حسب القدرة بالحصان أو قاطع للدائرة.

وفى حالة المحركات الأكبر من ٢ حصان حتى ١٠٠ حصان يسمح باستخدام مفتاح عادى كوسيلة فصل منفردة لازمة للمحرك الذى يعمل بجهاز تحكم بالمحول الذاتى بشرط الوفاء بما يلى :

أ- المحرك يدير مولدا مزودا بوقاية من الزيادة فى الحمل.

ب- جهاز التحكم له القدرة على فصل تيار المحرك وعضوه الدائر ساكن Locked ولا يوجد به عائق اختفاء الجهد No-Voltage Release وبه وقاية ضد الزيادة فى الحمل أثناء التشغيل مضبوط على ١٢٥ % من مقنن تيار الحمل الكامل للمحرك.

ج- وجود مصهرات منفردة أو قاطع تيار بالتأخير الزمنى العكسى مضبوط على ١٥٠ % من تيار الحمل الكامل المقنن للمحرك.

٤-٨-٩ مقنن التيار وسعة الفصل

أ- بالنسبة لوسيلة الفصل لدوائر المحركات بجهد حتى ٦٠٠ فولت يجب أن تكون مقنن تيارها ١١٥ % على الأقل من تيار الحمل الكامل المقنن للمحرك.

ب- فى حالة الأحمال المركبة ، إذا كان هناك محركان أو أكثر يعملان معا أو فى حالة استعمال محرك أو أكثر بالإشتراك مع أحمال أخرى مثل سخانات المقاومة وعندما يتصل الحمل المركب على نفس وسيلة الفصل فإن مقننات الأمبير والقدرة والحمل المشترك يجب حسابها كما يلى :
يتحدد مقنن وسيلة الفصل من ناتج كل تيار بما فى ذلك أحمال المقاومات عند الحمل الكامل وتيارات المحركات فى لحظة التشغيل كمكافئ لمحرك واحد حيث يتم حساب تيار الحمل الكامل

المكافئ لقدرة كل محرك يمكن إيجادها من الجدول رقم (٤-٧) ويتم إضافة هذه التيارات إلى تيار الأحمال الأخرى للحصول على تيار الحمل الكامل للحمل المركب.

المقصود بتيار بدء المحرك هو التيار الذى يسحبه وعضوه الدائر ساكن Locked ويمكن الحصول عليه من الجدول رقم (٤-٨) ويتم جمع تيارات بدء المحركات إلى مقنن الأحمال الأخرى للحصول على التيار الكلى المناظر لبدء الحمل إذا لم يكن من الممكن بدء محركين أو أكثر معا أو بدون أحمال أخرى فى نفس الوقت فيجب حساب التيار الكلى المكافئ عند بدء التوصيل حسب حالة التشغيل.

٤-٨-١٠ استعمال المفتاح أو القاطع كوسيلة فصل وجهاز تحكم فى نفس الوقت

يسمح باستخدام مفتاح أو قاطع حسب البند (٤-٧-٣) للعمل كجهاز تحكم ووسيلة فصل فى نفس الوقت إذا كان فى مقدرته فتح دائرة الموصلات غير المؤرضة المغذية للمحرك ومزودة بوقاية ضد زيادة التيار (ويمكن أن تكون مصهرات التغذية الفرعية) وتعمل على فصل التوصيلات الغير مؤرضة لمفتاح أو قاطع من أحد الأنواع الآتية :

أ- مفتاح قطع هوائى يعمل بالتشغيل اليدوى مباشرة Air Break Switch .
ب- قاطع بتأخير زمنى عكسى Inverse Time Circuit Breaker .
ج- مفتاح زيتى .

يمكن أن يعمل المفتاح أو القاطع الزيتى المذكور أعلاه يدويا أو ميكانيكيا. ويسمح بأن يكون جهاز وقاية زيادة التيار الذى يحمى جهاز التحكم منفردا وكجزء من جهاز التحكم. ويجب تزويد جهاز التحكم الذى يستخدم محول ذاتى بوسيلة فصل خاصة به.

٤-٨-١١ التغذية من أكثر من مصدر

فى حالة تغذية محرك أو معدة تدار بمحرك من أكثر من مصدر تغذية كهربية فإنه ينبغى وضع وسيلة فصل على كل مصدر بجوار المعدة وكل مصدر يكون له وسيلة فصل خاصة.

ويمكن السماح بعدم وضع وسيلة الفصل بجوار المحرك مباشرة بفرض أن وسيلة فصل جهاز التحكم يمكن وصده فى الوضع المفتوح.

٤-٩ حالة الجهود أعلى من ٦٠٠ فولت

٤-٩-١ مقدمة

يتناول هذا الجزء مخاطر الاستخدام فى الضغط العالى كتكملة أخرى للبنود السابقة.

٤-٩-٢ التأشير على جهاز التحكم

يجب الإشارة إلى جهد التحكم بالإضافة إلى الشروط الواردة فى البند (٤-١-٦).

٤-٩-٣ أوعية الموصلات المجاورة للمحركات

يمكن استعمال مجارى مرنة معدنية بطول لا يزيد عن ١,٨ متر كمجرى متصلة بلوحة أطراف المحرك.

٤-٩-٤ مقطع الموصلات

يجب أن لا تقل السعة التيارية للموصلات المغذية للمحركات عن تيار فصل أجهزة الوقاية ضد الزيادة فى الحمل للمحرك.

٤-٩-٥ الوقاية ضد زيادة التيار فى دائرة المحرك

أ- مقدمة

يجب أن تحتوى دائرة الجهد العالى لكل محرك على وقاية منسقة للفصل التلقائى لتيارات الزيادة فى الحمل والقصر فى المحرك وموصلات دائرة المحرك وأجهزة تحكم المحرك.

استثناء :

إذا كان تشغيل المحرك حيويا بالنسبة لأداء المنشأة وينبغى أن يعمل المحرك حتى ينهار تفاديا لمخاطر جسيمة قد تقع للأشخاص فينبغى توصيل أجهزة تحسس لتشغيل وسائل بيان أو إنذار بدلا من قطع دائرة المحرك.

ب- الزيادة فى الحمل

١- يجب أن يكون كل محرك محميا ضد الارتفاع الخطر فى درجة الحرارة بسبب الزيادة فى الحمل أو عدم القدرة على بدء الحركة ويتم ذلك بواسطة جهاز وقاية حرارى متكامل مع المحرك أو يحتوى على مستشعر خارجى للتيار أو لكليهما.
٢- تقوم وسيلة وقاية زيادة حمل المحرك بحماية الدوائر الثانوية لمحركات العضو الدائر التى تعمل على تيار متردد بالحماية من الزيادة فى التيار وتشمل هذه الدوائر الموصلات وأجهزة التحكم والمقاومات.
٣- يتبع تشغيل جهاز وقاية الزيادة فى الحمل فصل جميع الموصلات الغير مؤرضة فى نفس الوقت.
٤- لا يسمح بإعادة تشغيل أجهزة استشعار الوقاية من الزيادة فى الحمل تلقائيا بعد الفصل إلا إذا كان ذلك لا يتسبب عنه إعادة تشغيل المحرك أو الآليات الملحقة به.

ج- الوقاية من تيار الخطأ

١- يجب تزويد دائرة كل قاطع بنوع مناسب من قواطع الدائرة بالقيمة المقننة بحيث يسمح بالعمل بدون حدوث مخاطر ويجب أن يفصل القاطع جميع الموصلات غير المؤرضة ويجب أن يستشعر القاطع تيار الخطأ بواسطة جهاز استشعار خارجى أو داخلى.
٢- يجب أن لا يسمح لوسائل قطع تيار الخطأ بأن تعمل على إعادة توصيل الدائرة أوتوماتيكيا إلا فى حالة الدوائر المعرضة إلى أخطاء طارئة ولا يحدث عن إعادة توصيلها أية أضرار تلحق بالأشخاص.
٣- يجب أن يشمل جهاز الوقاية وسائل الحماية من الزيادة فى الحمل وتيار الخطأ معا.

٤-٩-٦ مقنن معدات التحكم

يجب أن تكون السعة التيارية الدائمة لأجهزة التحكم ومعدات فصل دوائر تغذية المحرك بقيمة لا تقل عن تيار الفصل المضبوط عليه جهاز الوقاية ضد زيادة التيار.

٤-٩-٧ وسائل الفصل

يجب أن تكون وسائل الفصل بحيث تسمح بوصدها فى وضع الفتح.

٤-١٠ حماية الأجزاء الحية لكل الجهود

٤-١٠-١ مقدمة
يشير الجزء (٤-١٠) بضرورة حماية الأجزاء الحية بطريقة تناسب الخطر المتوقع.

٤-١٠-٢ الأجزاء المطلوب حمايتها
يجب حماية أجزاء المحرك وأجهزة الوقاية العادية بجهد أعلى من ٥٠ فولت بين الأطراف ضد التعرض للتلامس بواسطة اللوحة المحتوية عليها أو وضعها كالآتى :

أ- وضعها فى غرفة أو لوحة
بالتركيب فى غرفة أو لوحة ممكن الوصول إليها بواسطة شخص مختص.

ب- فى شرفة مناسبة
بالتركيب فى شرفة أو رصيف أو ممر على ارتفاع يمكن وصول أى شخص مختص إليها.

ج- على ارتفاع
بالتركيب على ارتفاع ٢,٥ متر أو أكثر من الأرض.

٤-١٠-٣ موانع تحريز (وقائيه) Guards للملاحظين
إذا كانت الأجزاء الحية للمحرك أو أجهزة الوقاية بجهد أعلى من ١٥٠ فولت والأرض فيجب ان يكون لها موانع تحريز ضد التعرض للملامسة عن طريق الوضع كما هو مقرر فى البند السابق وفى حالة وجود ضرورة للضبط أو العناية أثناء تشغيل الجهاز فإنه يجب توفير فرشاه أو أرصفة عزل مناسبة بحيث لا يمكن للعامل ملامسة الأجزاء الحية إلا إذا كان واقفا على الفرشاة أو الرصيف المعزول.

٤-١١ التأريض

٤-١١-١ مقدمة
يتناول الجزء (٤-١١) تأريض المحرك وإطارات أجهزة التحكم لتفادى تولد جهود أعلى من الأرض عند حدوث تلامس عفوى بالأجزاء والإطارات المكهربة.

٤-١١-٢ المحركات الثابتة
يجب تأريض إطارات المحركات الثابتة تحت أى من الظروف الآتية :
١- إذا كانت مجارى موصلات التغذية معدنية.
٢- إذا كانت موضوعة فى أماكن مبتلة وغير مفصولة أو محرزة.
٣- إذا كان جهد أى طرف محرك يزيد عن ١٥٠ فولت.

٤-١١-٣ المحركات المحمولة
يجب تحريز أو تأريض أجسام المحركات المحمولة بجهد أكبر من ١٥٠ فولت للأرض.

٤-٤-١ أجهزة التحكم

يجب تأريض لوحة جهاز التحكم بغض النظر عن جهده ما عدا اللوحات المربوطة بمعدات محمولة غير مؤرضة وكذا الأغطية المدهونة للمفاتيح.

٤-١١-٥ طرق التأريض

أ- التأريض خلال صندوق الأطراف

فى حالة توصيل كابل مدرع أو موصلات فى مجرى معدنية أو فى صندوق وصل بصندوق توصيل أطراف المحرك يجب توصيل تدريع الكابل أو المجرى المعدنية حسب أصول التأريض المقررة بهذا الكود.

ب- فصل علبة الوصل مع المحرك

ينبغى أن لا تبعد علبة الوصل Junction Box عن المحرك بمسافة أكبر من ١,٨ متر بفرض أن المحرك يتغذى من كابل مدرع أو أطراف توصيل مجدولة موضوعة فى مجرى معدنية لا يتسرب إليها سائل أو مجرى معدنية مرنة أو مجرى معدنية بينية أو ماسورة معدنية ثابتة كهربية معدنية لا يقل قطرها عن ١٢ مم ويجب التوصيل بين التدريع أو المجرى والمحرك والصندوق.

ج- تأريض مكونات أجهزة التحكم

يجب تأريض الدوائر الثانوية للمحولات والأجزاء المعدنية المكشوفة والغير حاملة للتيار أو أى أجزاء موصلة أخرى أو علب أغطية محولات الأجهزة والمكابس وأجهزة القياس والمرحلات حسب أصول التأريض المقررة فى هذا الكود.

ملحوظة

الرمز الكودى موضح فى الجدول رقم (٤-١)

فى جدول (٤-٩) المحركات المتزامنة، التى بعزم منخفض وسرعة منخفضة (حوالى ٤٥٠ دورة / دقيقة أو أقل) مثل تلك المستعملة فى إدارة الكباسات الترددية أو الطلمبات وغير ذلك وتبدأ حركتها بدون حمل ، لا تحتاج إلى مصهرات أو قواطع مضبوطة على مقنن تيار أكبر من ٢٠٠ % من تيار الحمل الكامل.

جدول رقم (٤-٦) تيار الحمل الكامل بالأمبير لمحركات التيار المستمر

القدرة حصان	جهد المنتج		
	١٨٠ فولت	٢٤٠ فولت	٥٠٠ فولت
٠,٢٥	٢,٠	١,٦	
٠,٣٤	٢,٦	٢,٠	
٠,٥٠	٣,٤	٢,٧	
٠,٧٥	٤,٨	٣,٨	
١,٠٠	٦,١	٤,٧	
١,٥٠	٨,٣	٦,٦٠	
٢,٠٠	١٠,٨	٨,٥	
٣,٠٠	١٦,٠	١٢,٢	
٥,٠٠	٢٧,٠	٢٠,٠	
٧,٥٠		٢٩,٠	١٣,٦
١٠,٠٠		٣٨,٠	١٨,٠
١٥,٠٠		٥٥,٠	٢٧,٠
٢٠,٠٠		٧٢,٠	٣٤,٠
٢٥,٠٠		٨٩,٠	٤٣,٠
٣٠,٠٠		١٠٦,٠	٥١,٠
٤٠,٠٠		١٤٠,٠	٦٧,٠
٥٠,٠٠		١٧٣,٠	٨٣,٠
٦٠,٠٠		٢٠٦,٠	٩٩,٠
٧٥,٠٠		٢٥٥,٠	١٢٣,٠
١٠٠,٠٠		٣٤١,٠	١٦٤,٠
١٢٥,٠٠		٤٢٥,٠	٢٠٥,٠
١٥٠,٠٠		٥٠٦,٠	٢٤٦,٠
٢٠٠,٠٠		٦٧٥,٠	٣٣٠,٠

جدول رقم (٤-٧) تيار الحمل الكامل لمحركات التيار المتغير عند معامل قدرة ١٠٠ %

الجهد فولت / القدرة حصان	محرك طور واحد		محرك ثلاثى الطور وقفص سنجابي			محرك ثلاثى الطور ذو عضو دائر ملفوف			
	١١٥	٢٣٠	٢٣٠	٣٨٠	٦٠٠٠	٢٣٠	٣٨٠	٦٠٠٠	١١٠٠٠
٠,٥	٩,٨	٤,٩	٢						
١	١٦	٨	٣,٦						
٢	٢٤	١٢	٦,٨						
٥	٥٦	٢٨	١٥,٢						
١٠	١٠٠	٥٠	٢٨						
٢٠			٥٤	٣٣					
٣٠			٨٠	٤٨		٦٣	٣٩		
٥٠			١٣٠	٧٨		١٠٤	٦٣		
٧٥			١٩٢	١١٥		١٥٥	٩٣		
١٠٠			٢٤٨	١٥٠		٢٠٢	١٢١		
١٥٠			٣٦٠	٢١٦		٣٠٢	١٨١		
٢٠٠			٤٨٠	٢٨٨		٤٠٠	٢٤٠		
٣٠٠				٤٤٠			٣٥٥		
٥٠٠				٦٨٠	٤٢		٥٩٥	٣٤	
٧٥٠					٨٢			٥٠	
١٠٠٠					٨٠٠			٦٧	
١٢٥٠					١٠٠			٨٢	
١٥٠٠								٩٨	٥٩
٢٠٠٠								١٣٢	٧٨
٣٠٠٠									١١٩
٥٠٠٠									١٩٥
١٠٠٠٠									٣٨٥

جدول رقم (٤-٨) تيار المحرك عند سكون العضو الدائر لاختيار وسيلة الفصل وجهاز التحكم وفقا لمقنن القدرة والجهد

القدرة حصان	تيار المحرك عند سكون العضو الدائر			
	محرك وجه واحد		محرك ثلاثى الطور	
	١١٥ ف	٢٣٠ ف	٢٣٠ ف	٣٨٠ ف
٥٠	٥٩	٢٩	١٢	-
١	٩٦	٤٨	٢١	-
٢	١٤٤	٧٢	٤١	٢٤
٥	٣٣٦	١٦٨	٩١	٥٤
١٠	٦٠٠	٣٠٠	١٦٨	٩٩
٢٠	-	-	٣٢٤	١٩٨
٣٠	-	-	٤٨٠	٢٨٨
٥٠	-	-	٧٨٠	٤٦٨
٧٥	-	-	١١٥٢	٦٩٣
١٠٠	-	-	١٤٨٨	٨٩١
١٥٠	-	-	٢١٦٠	١٢٩٦
٢٠٠	-	-	٢٨٨٠	١٧٢٨

جدول رقم (٤-٩) أقصى مقنن تيار وقاية القصر وخطأ الأرضى لدائرة تغذية محرك

نوع المحرك	النسبة المئوية للحمل الكامل			
	مصهر بدون تأخير	مصهر بتأخير	قاطع فصل سريع	قاطع بتأخير عكسى
طور واحد : جميع الأنواع بدون رمز كودى	٣٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
طور واحد : تيار متردد وبدء حركته على الجهد الكامل أو بمقاومة أو بممانعة Reactor				
- بدون رمز كودي	٣٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
- برمز كودى F إلى V	٣٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
- برمز كودى B إلى E	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
- برمز كودى A	١٥٠	١٥٠	٧٠٠	١٥٠
جميع محركات التيار المتردد بعضو دائر قفص سنجاب والمحركات المتزامنة وبدء الحركة بمحول ذاتي				
أقل من ٣٠ أمبير	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
أكثر من ٣٠ أمبير				
- بدون رمز كودي	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
- برمز كودى F إلى V	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
- برمز كودى B إلى E	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
برمز كودى A	١٥٠	١٥٠	٧٠٠	١٥٠
محرك قفصى سنجاب ذو ممانعة عالية				
- أقل من ٣٠ أمبير	٢٥٠	١٧٥	٧٠٠	٢٥٠
- أكثر من ٣٠ أمبير	٢٠٠	١٧٥	٧٠٠	٢٠٠
محرك عضو ملفوف	١٥٠	١٥٠	٧٠٠	١٥٠
محرك تيار مستمر بجهد ثابت				
- بقدرة حتى ٥٠ حصان	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	١٥٠
- بقدرة أكبر من ٥٠ حصان	١٥٠	١٥٠	١٧٥	١٥٠

الباب الخامس
شروط تنفيذ الأعمال الكهربية

تعتبر جميع البنود فى الكود المصرى لأسس تصميم و شروط تنفيذ التوصيلات الكهربية فى المبانى لوزارة الإسكان مكملة لهذا البند فيما يتعلق به و لم يتم ذكره.

٥-١ حالة الجهود اقل من ٦٠٠ فولت

يتم تغذية الأحمال بموصلات أحادية معزولة أو بكابلات متعددة الأطوار تكون ٢٥ % : ٣٠ % احتياطى و عموما يجب ألا تقل سعة المقطع للموصل عن ١٦ مم^2 نحاس.

٥-١-١ الاعتماد للمستندات

وبه كل البيانات و الموارد و طريقة التوصيلات الخاصة بالمشروع بالإضافة إلى وسائل الحماية و التثبيت و الأمان على النحو التالى :

أ- المخططات التفصيلية التنفيذية.
ب- كتيبات التجميع و التركيب.
ج- بيانات المعدات الأساسية و المساعدة .
د- قائمة بالمواد الداخلة فى العمل مدعمة بالوصف الكافى مع شهادات المطابقة المعتمدة من جهات رسمية.

٥-١-٢ الفحص

يتم الفحص بواسطة لجان فنية ثلاثية (رئيس- وعضوين) متخصصين فى مجال الأعمال والتركيبات الكهربائية لمطابقة تنفيذ المشروع طبقا لما هو وارد بالفقرة ٥-١-١ بالإضافة إلى التأكد من جودة الأداء.

٥-١-٣التركيب والاستخدام

يتم التركيب لجميع المواد طبقا للموصفات الخاصة بالتركيبات الكهربائية مع مراعاة إختيار المداخل والمخارج بحيث يمكن إجراء الصيانة الإصلاحية أو الوقائية بسهولة و فى هذه الحالة يكون الإستخدام لنظام التغذية أقرب للمثالية.

٥-١-٤ الجهود

الجهود عموما أقل من ٦٠٠ فولت. ففى معظم الحالات تكون فى حدود ١١٠،٢٢٠ ، ٣٨٠ فولت و يمكن أن تكون ٤٤٠ فولت أو ٥٥٠ فولت.

٥-١-٥ الموصلات

تكون الموصلات من النحاس المجدول أحادية ومعزولة أو متعددة الأطوار كما يمكن إستعمال أسلاك من الألومنيوم المجدول مكافئة للنحاس المذكور وذلك من الناحية الاقتصادية.

٥-١-٦ قطاع الموصلات

تستعمل موصلات من النحاس المجدول بحيث لا يقل سعة المقطع عن ١٦مم^2 أو موصلات من الألومنيوم المجدول المكافئ لهذا المقطع على أن تكون الموصلات أحادية معزولة أو متعددة الأطوار و يجب زيادة سعة المقطع بنسبة ٢٥ : ٣٠ % للاحتياطات المستقبلية

٥-١-٧ سلامة العزل

تكون الأسلاك و الموصلات المستعملة معزولة و مغلفة بمادة كلوريد البولى فينيل (PVC) و مقننة لجهد لا يقل عن ٥٠٠/٣٠٠ فولت ولا تقل مقاومة العزل لها عن ١٠ كيلو أوم لكل فولت وتكون هذه الموصلات مطابقة للمواصفات IEC 189.

٥-١-٨ طريقة التوصيل

تزود كافة المبانى و المنشات بقواطع أوتوماتيكية لها علامات خاصة تميزها كمفاتيح لفصل ووصل التغذية الكهربائية الرئيسية على أن تكون هذه القواطع مطابقة لمواصفات NEC ART 237-70 كما يجب أن تكون التوصيلات التى تغذى أنظمة الإنارة و القوى و التكييف و التدفئة و التهوية و شبكات الاتصال بعيدة عن خطوط المواسير المعدنية لمجارى الصرف و بعيدة عن خطوط مواسير الغاز الداخلية و يجوز استخدام موصل التأريض للمنشات المعدنية المتصلة (قضبان الانزلاق للمصاعد وهياكل المبانى ......الخ) وأيضا استخدام نظام تأريض الأساسيات لموصل تأريض لنظام مانعات الصواعق و تصنع قضبان الأرضى من :

- مواسير الصلب المجلفن بقطر٣٨ مم أو
- قضبان الصلب المجلفن بقطر١٨ مم أو
- قطاعات الصلب المجلفن على شكل × بمقاس ٥٠ مم أو
- قضبان الصلب المكسوة بالنحاس بقطر حوالى ١٨ مم

وتتراوح أطوال قضبان الأرضى بين ١,٥ ، ٣ متر وتزود أطرافها بموصلات ربط عبارة عن شرائح من الصلب (٣٠ × ٣,٥ مم٢) أو موصل من الصلب المجلفن (بقطر حتى ١٠مم)أو موصل من النحاس (بمقطع ٣٥مم٢).

٥-١-٩ زمن القطع

تكون القواطع الأوتوماتيكية مضبوطة للفصل فى حدود واحد مللى ثانية.

٥-١-١٠ معاوقة الدائرة وخصائص أخرى

تحسب معاوقة الدائرة من واقع المخططات التنفيذية للمنشأة و ذلك باستعمال خصائص الموصلات المستعملة و ثوابتها ثم اختبار النظام تحت الأخطاء المختلفة وذلك بالنسبة للأطوار و الأرضى عند نقاط ربط متعددة فى الشبكة و يجب ألا تقل معاوقة الدائرة عن (0.5 P.U) إلا فى الحالات الاستثنائية وفى هذه يؤخذ ذلك فى الاعتبار عند تحديد مقنن القطع . يضاف إلى ذلك حسابات المعاوقة السعوية بحيث يكون تيار التسرب أقل ما يمكن ويجب ألا تزيد درجة حرارة الموصلات عن ٤٥ درجة م.

٥-١-١١ العوامل الضارة

يمكن تلخيص العوامل الضارة فيما يلى :

- الأتربة والرمال .
- الرطوبة والأمطار والمياه .
- الغازات والدخان .
- درجات الحرارة العالية والإشعاعات .
- المواد الكيماوية وأبخرتها .

يجب تنفيذ التوصيلات الكهربائية ووضع الموصلات بحيث تتجنب التعرض المباشر أو غير المباشر للعوامل الضارة المذكورة ، وذلك لتأمين سلامة التشغيل وزيادة عمر الموصلات والعمل بكفاءة عالية .

٥-١-١٢ تنفيذ الأعمال الميكانيكية

وهى تمثل جميع التركيبات ووسائل التثبيت المختلفة التى تيسر جميع التركيبات والتمديدات الكهربائية وهى :

- تركيب شبكات المواسير كاملة بصناديق السحب وصناديق الاتصال والملحقات والأكواع والوصلات وصناديق المخارج على أن تكون جميعها موردة من نفس الشركة الصانعة للمواسير .
- -تركيب مجارى الأسلاك بدلا من مجارى الكابلات فى الأماكن التى تتطلب وقاية ميكانيكية خاصة أو وقاية ضد الإشعاع الحرارى .
- يتم تثبيت المجارى الأرضية فى مكانها على مسافات لا تزيد عن ١,٥ متر بواسطة حوامل من النوع القابل للضبط و ذلك للمحافظة على المنسوب الصحيح و الاستقامة التامة لهذه المجارى
- تركيب حوامل الكابلات فى فراغ الأسقف المستعارة أو فى مكان مكشوف و يراعى أن تكون هذه الحوامل بالسعة الكافية لتتسع لتركيب كوابل إضافية فى المستقبل بنسبة ٢٥ ـ٣٠ % .
- يتم تحميل المسارات الأفقية لمجارى قضبان التوزيع كل ٣متر على الأكثر أما المسارات الرأسية (الصاعدة) فتثبت فى أماكنها المحددة بمستندات المشروع بواسطة وسائل تعليق ثابتة.
- تركيب الصناديق الخاصة بالسحب و الاتصال و كذا الصناديق الأرضية وصناديق التوزيع بحيث تثبت بمسامير و أغلفة تمد أو مسامير عروة أو مسامير ملولبة وجلب زنق.
- تركيب صناديق المخارج غاطسه فى مستوى سطح الجدران أو الأعمدة الخرسانية على أن تثبت على جدران الطوب أو الخرسانة بواسطة مسامير تمدد بينما تثبت على الكمرات الحديدية بواسطة مواسك CLAMPS و مسامير .... الخ

٥-١-١٣ التثبيت

يتم تحميل المواسير المركبة ظاهرة بوسائل تثبيت من النوع المجلفن وهى عبارة عن أذرع حاملة للتركيب على الجدار أو حوامل للتعليق بالسقف Trapezes أو أطواق تعليق Pipe Hangers Strap تثبت جيدا بالخرسانة و يراعى ألا تزيد المسافة بين نقط التثبيت عن ١,٥ متر أو تترك مسافة مناسبة بين المواسير و الجدران المركبة علية.

يراعى عند تركيب المواسير المدفونة فى بلاطات السقف الخرسانية و ضعها على الشدة قبل صب الخرسانة وربطها جيدا مع قضبان التسليح على مسافة مناسبة من سطح البلاطة الخرسانية بحيث لا تظهر على السطح العلوى عند صب الخرسانة كما يراعى أيضا تركيب جلب مرور المواسير من خلال الأسقف و الجدران قبل إنشائها.

باقى متطلبات التثبيت مذكورة فى بند (٥-١-١٢).

٥-١-١٤ التبريد

يجب أن تكون جميع التمديدات الكهربية الظاهرة جيدة التهوية و غير معرضة للإشعاع الحرارى ، أما التمديدات داخل المواسير و الصناديق فتكون بحيث يسمح لها بعدم ارتفاع درجة حرارتها ، أما بالنسبة لمعدات القوى الكهربائية فكل محرك يكون مجهزا بوسائل التبريد الخاصة به كالمراوح أو قنوات التبريد التى تتوقف على قدرة المحرك.

٥-١-١٥ التوصيلات الكهربية

يتم تصميم المغذيات الرئيسية و الثانوية و دوائر المغذيات الفرعية سواء كانت كابلات أو مجارى قضبان توزيع طبقا لمواصفات VDE 100, NEC ART 220 ويجب ألا يتجاوز مجموع الانخفاض فى الجهد ٥ % عند نقطة الاستقبال (المستهلك) كما أن باقى متطلبات التوصيلات الكهربية مذكورة فى البنود ٥-١-٨ و ٥-١-١٢ و ٥-١-١٣ من هذا الكود.

٥-١-١٦ حيز العمل حول المعدات الكهربية

تكون المعدات الكهربية مثبتة بعيدا عن العوامل الضارة بحيث لا تؤثر عليها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة كما تحاط المعدة بفراغ مناسب من جميع الجهات لا يقل عن ١,٥ متر لسهولة إجراء أعمال الصيانة و مناولة المواد التى تتعامل معها المعدة.

٥-١-١٧ حجب الأجزاء المكهربة

من أهم إجراءات السلامة و الأمن الصناعى عند التعامل مع المعدات الكهربائية حجب الأجزاء التى تحمل تيار كهربى أو ذات جهد كهربى حرصا على الإنسان وعلى الآلة من حدوث أخطاء يترتب عليها انهيار النظام الكهربى أو تكهرب الإنسان ، لذا يجب حجب هذه الأجزاء و الأطراف و النهايات المكهربة عن متناول الأيدى العاملة و أن تكون فى مأمن من التلامس مع المواد الصناعية التى تدخل فى العملية الإنتاجية.

٥-١-١٨ عناصر الشرارات

يجب اتخاذ اللازم نحو الوقاية من العناصر التى تحدث الشرارات تجنبا لحدوث حريق أو حرارة زائدة . وذلك باتباع الآتى :

١- حجب هذه العناصر عن الجو المحيط بالآلة.
٢- متابعة عناصر الشرارات وإجراء الصيانة الوقائية لها حتى تكون أقل ما يمكن.
٣- اختيار عناصر الشرارات من مواد بحيث تتحمل زمن تشغيل كبير بدون تآكل.
٤- فى الحالات الصعبة يمكن حقن هواء مضغوط للتغلب على هذه الشرارات.

٥-١-١٩ موصلات الإنارة والقوى من مصادر الجر الكهربى

تكون الموصلات المستعملة فى الإنارة والقوى موصلات أحادية معزولة ومغلفة بمادة كلوريد البولى فينيل (PVC) ومقننة لجهد لا يقل عن ٥٠٠/٣٠٠ فولت ولا تقل مقاومة العزل لها عن ١٠ كيلو أوم لكل فولت وتكون هذه الموصلات مطابقة للمواصفة IEC-189 . أما فى حالة مصادر الجر الكهربىفتكون متعدده الأطوار معزولة ومغلفة بنفس المادة المذكورة للموصلات أحادية الطور وبنفس الخواص.

وفى حالة الحاجة إلى استعمال كابلات للقوى والإنارة والتحكم فإن هذه الكابلات تكون داخل المبانى أو خارجها أو مدفونة مباشرة فى الأرض إما أحادية الطور أو متعددة الأطوار بحيث تكون معزولة ومغلفة بمادة عازلة هى مادة كلوريد البولى فينيل (PVC) ومقننة لجهد لا يقل عن ٧٥٠/٤٥٠ فولت ومطابقة للمواصفة IEC-227 .

وتكون الكابلات المستعملة داخل المبانى إما من النوع المسلح مع موصل منفصل للتأريض أو مسلحة بأسلاك الصلب المجلفن وطبقة من شريط من الصلب المجلفن يحيط بها على شكل حلزوني.

٥-١-٢٠ العلامات

تزويد الكابلات بشرائح مميزة Cable Marking Strips من البلاستيك بعرض ٢٠ مم وسمك ١,٢ مم تقريبا يدون عليها بواسطة حروف مثقبة مقاس ٨ مم البيانات الخاصة بنوع الكابل وقطاعه ورقمه طبقا لمخططات التصميم والمخططات التنفيذية وتميز الكابلات الأرضية كل ١٠متر من مسارها وعند النهايات وعند اختراقها للجدران أما الكابلات التى تركب ظاهرة فتميز عند النهايات وعند اختراقها للجدران فقط.

٥-١-٢١ تمييز وسائل الفصل

تكون وسائل الفصل قادرة على العمل عند حدوث تيار الخطأ (قصر الدائرة) بالشبكة وتركب هذه الأجهزة بلوحة التوزيع أو تركب منفصلة فى صندوق من الصلب أو البلاستيك ذو درجة حماية مناسبة للظروف المحيطة بالموقع . ووسائل الفصل المختلفة هى :

١- المصهرات Fuses

وتكون مطابقة للمواصفات IEC-269 وتتكون من الأنواع التالية :

أ- مصهرات السكينة ذات السعة العالية Knife Fuse

من النوع الذى يؤمن السلامة طبقا لمواصفات (ISO Safety Type) وتكون جميع الأجزاء الحاملة للتيار مغطاة بالبلاستيك ماعدا أطراف التوصيل . وتكون هذه المصهرات ذات سعة كافية لنقل التيار المقنن للدائرة عند درجة ٥٥ درجة م مع أدنى فقد فى الطاقة ، كما تكون مقننة لسعة قطع لا تقل عن ١٠٠ كيلو أمبير عند معامل قدرة ٠,٢ ، وهذه الخواص تكون ثابتة لا تتغير فيما بين درجات حرارة (-٥ درجة ، +٤٥ درجة) للجو المحيط.

ب- المصهرات الأنبوبية Cartridge Fuses

تكون مطابقة لمواصفات IEC-269 1,3 ومصممة لنقل التيار المقنن للدائرة مع أدنى فقد فى الطاقة وتفاوت فى خواص منحنى التيار مع الزمن لا يتجاوز ± ٥ % وتكون هذه المصهرات قادرة على تحمل تيار قصر الدائرة لا يقل عن ٥٠ كيلو أمبير.

٢- قواطع الحمل Load Breakers

تكون القواطع حتى سعة ٦٣٠ أمبير من النوع ذو الغلاف المسبوك Molded Case وتجهز كل القواطع التى سعتها ١٠٠ أمبير فأكثر بملامسات إضافية لتشغيل دائرتى تحكم أحداهما مغلقة (NC) والأخرى مفتوحة (NO) . أما القواطع التى سعتها ١٠٠٠ أمبير فأكثر فتكون مزودة بوسيلة تشغيل تعمل بمحرك كهربائى . وتزود جميع القواطع بمبين لتحديد حالتها من التوصيل أو الفصل ، كما يجب أن تتحمل أقصى تيار قصر للدائرة عند نقطة التغذية وبصفة عامة تكون القواطع مطابقة للمواصفة IEC-408 .

٣- قواطع الحمل بالمصهرات Fused Load Breakers

وهى وحدة متكاملة مصممة خصيصا لذلك أو مجموعة تتكون من قاطع دائرة على الحمل ومصهرات وتعمل هذه الوحدة على وقف تدفق تيار قصر الدائرة عن طريق المصهرات وتحدد سعة المجموعة أساسا بسعة القاطع.

٤- قواطع التيار الأوتوماتيكية Circuit Breakers

تكون من النوع ذو الغلاف المسبوك حتى سعة ٦٣٠ أمبير حيث يزود كل طور منها بعنصر حرارى (قابل للضبط من حوالى ٧٠ % حتى ١٠٠ % من سعة القاطع طبقا لمواصفات المشروع) للوقايه ضد زيادة التيار، ومزود أيضا بعنصر مغناطيسى (ثابت أو قابل للضبط) وذلك للوقاية ضد أخطاء القصر مع تزويده أيضا بوسيلة فصل عند انخفاض الجهد Under Voltage Trip ودائرة فصل فرعية Shunt Trip ومفتاح ثانوى ذو ملامسات لتشغيل دائرتى تحكم على الأقل إحداهما مغلقة (NC) والأخرى مفتوحة (NO) .

أما القواطع التى تزيد سعتها عن ١٠٠٠ أمبير فتكون مزودة بوسيلة تشغيل تعمل بمحرك كهربى . وتزود جميع القواطع بمبين لتحديد حالتها من التوصيل أو الفصل ، كما يجب أن تتحمل هذه القواطع أقصى تيارات قصر للدائرة عند نقط التغذية .و بصفة عامة تكون قواطع التيار مطابقة للمواصفة IEC157-1 وفيما يلى بيان لسعة القطع عند ٥٠٠ فولت و معامل قدرة ٠,٧ مقابل التيار المقنن لقواطع التيار :

التيار المقنن (أمبير)	سعة القطع (كيلو أمبير)
٢٥	١,٥
٤٠	٢
٦٣	٣
١٠٠	٥
١٦٠	٨
٢٠٠	١٠
٢٥٠	١٥
٤٠٠	٢٥
٦٣٠ فأكثر	٢٥

٥- قواطع التيار الأوتوماتيكى الصغيرة Miniature Circuit Breakers

تعمل هذه القواطع يدويا وتفصل أوتوماتيكيا وتكون مزودة بعناصر حرارية للوقاية ضد زيادة التيار ، وأخرى مغناطيسية للوقاية ضد قصر الدائرة ويجب ألا تقل سعة الفصل للقاطع عن ٦ كيلو أمبير عند ٢٢٠ فولت ومعامل قدرة يتراوح بين ٠,٥ : ٠,٦ كما تكون خواص الفصل مطابقة للمواصفة IEC-19, 898 أما قواطع الحماية ضد التسرب الأرضى فتكون معتمدة من UL .

٥-٢ حالة الجهود الأكبر من ٦٠٠ فولت

تتفق مواصفات وطرق تركيب معدات التغذية الكهربائية بما يتلاءم مع الجهد العالى للشبكة وطبقا لقواعد التركيب المعتمدة لدى شركة التوزيع مع مراعاة ما جاء بالفقرات ٥-١ وبما يناسب الجهود الأكبر من ٦٠٠ فولت.

٥-٢-١ الأسوار حول المنشآت الكهربية

تنشأ الأسوار من جدران من النوع المقاوم للحريق والتى تؤدى إلى عزل المنشآت الكهربائية عن بقية المبنى بالإضافة إلى التنسيق مع شركة الكهرباء فيما يتعلق بأجهزة القياس ومحولاتها ، وكذا أجهزة الحماية اللازمة والوقاية من الخطأ (تيار القصر) لتجنب مخاطر الجهد العالى.

٥-٢-٢ حيز العمل حول المعدات

تكون المعدات الكهربية مثبتة بعيدا عن العوامل الضارة من أمطار وأتربة ومياه ودخان وأبخرة وكيماويات بحيث لا تؤثر عليها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة كما تحاط المعدة بفراغ مناسب من جميع الجهات بما لا يقل عن ١,٥ - ٣ متر (حسب الجهد المستعمل) لسهولة إجراء أعمال الصيانة والتجديد ومناولة المواد التى تتعامل معها المعدة.

٥-٢-٣ مداخل وطرق الوصول إلى مكان العمل

تزود كل من الأماكن التى بها الوحدات الكهربية بباب مستقل لكل منها بحيث يمكن الوصول إلى مكان العمل فى سهولة ويسر وتصمم هذه الأماكن على أساس مضاعف لأبعاد هذه الوحدات لكى تسمح بتركيبها والتعامل معها.

٥-٢-٤ التأمين فى مكان العمل

يجب تجهيز مكان العمل بوسائل التأمين المختلفة والبيانات الدالة على ذلك مثل :

١- الإشارة إلى الجهد المستعمل.
٢- الإشارة إلى جهد التحكم.
٣- تجنب مخاطر الجهد العالى.
٤- إستعمال مجارى مرنة Flexible Conduit بأطوال تقل عن ١,٨ متر.
٥- تحمل تيار الفصل أثناء زيادة الحمل.
٦- إستعمال وسائل البيان والإنذار الدالة على الظروف المحيطة.
٧- الوقاية من الخطأ الناتج عن تيار القصر (الوقاية الحرارية).
٨- إستخدام وسائل فصل بها إمكانية وصدها فى وضع الفتح NO .

٥-٣ المراجع References

١- المواصفات القياسية السعودية م.ق.س.
٢- المواصفات القياسية العالمية International Standards .
٣- المواصفات القياسية الأمريكية American Standards .
٤- مواصفات الاتحاد الألمانى للأعمال الكهربائية VDE .
٥- مواصفات المعهد الألمانى للتوحيد القياسى DIN .
٦- مواصفات المعهد البريطانى للمواصفات القياسية BSI .

الباب السادس
منظومات طوارئ التغذية الكهربائية

٦-١ المجال

يختص هذا الجزء بالتركيبات والتشغيل والصيانة لوحدات الطوارئ المكونة من الدوائر الكهربائية والمعدات اللازمة لتوليد الطاقة الكهربية وتوزيعها والتحكم فيها لتفى باحتياجات أحمال الإنارة والقوى عند انقطاع مصدر التغذية الكهربائية المعتادة من الشبكة العامة أو مصدر التغذية الدائم.

ويتم تركيب وحدات تغذية الطوارئ لتوفير الطاقة الكهربائية اللازمة لأحمال الخدمات الضرورية التى يتوقف عليها تأمين المنشآت الحيوية وسلامة العاملين بها والمنتفعين منها وذلك فى حالة حدوث أى انقطاع مفاجئ أو عطل فى المصدر الكهربائى المعتاد التغذية من حيث التغذية والتوزيع والتحكم فى قدرة أحمال الإنارة والقوى.

من الأحمال الضرورية التى تحتاج إلى توصيلها بمصدر تغذية الطوارئ أحمال إنارة الحركة والتحكم والوقاية والتشغيل للمعدات التى يمكن أن يتسبب توقفها فى خسارة كبيرة فى الأرواح أو الاستثمارات مثل منظومات الإنذار ومضخات الحريق ومنظومات الاتصالات ومحطات الطلمبات فى حالة الفيضانات.

٦-٢ تعريفات

٦-٢-١ مصدر القوى البديل Alternative Power Source

عبارة عن وحدة توليد كهربائية أو مجموعة بطاريات كهربية لتوفير قدرة كهربائية عند انقطاع المصدر الكهربى المعتاد أو التغذية من الشبكة العامة. وهذا المصدر البديل يجب توفيره فى موقع الأحمال وبحيث يتم تقييم الخواص الآتية :

أ- الجهد أو الجهود الاسمية.
ب- طبيعة التيار أو التردد.
ج- القيمة المتوقعة لتيار القصر عند نقطة المأخذ.
د- القيمة المقننة للتيار وطراز وحدة الوقاية ضد زيادة التيار عند نقطة المأخذ.
هـ- مدى تناسبها مع متطلبات التركيب.
و- يمكن أن تفى بالسعة الكافية لتغذية الأحمال أثناء مقاومة الحريق وتوفير متطلبات الأمان.

٦-٢-٢ فرع التغذية الحرج Critical Branch

هو جزء من منظومة تغذية الطوارئ ويتكون من دوائر تغذية فرعية تتصل بأحمال الإنارة والقوى ومقاييس معينة لازمة لمناطق الخدمات الضرورية والهامة والمتصلة عن طريق مفتاح أو أكثر للتحويل على مصادر تغذية قوى بديلة عند انقطاع مصدر القوى الرئيسية.

٦-٢-٣ نظام الطوارئ Emergency System

هى منظومة مغذيات ودوائر فرعية مكونة من مصدر توليد كهربى وتوصيلات بديلة لتغذية عدد محدود من الأحمال الكافية للمحافظة على الخدمات الأساسية وتأمينها على أن يتم ذلك تلقائيا بواسطة المصدر البديل خلال فترة زمنية محددة عند انقطاع التغذية من المصدر الرئيسي.

٦-٢-٤ منظومة المعدات Equipment System
هى مجموعة من التوصيلات وملحقاتها مصممة لتوصيل مصدر القوى البديل تلقائيا أو يدويا بعد تأخير زمنى معين عند انقطاع التغذية الرئيسية. وهذه المعدات تغذى أحمال ثلاثية الأطوار.

٦-٢-٥ الاستعادة الفورية للتغذية Immediate Restoration of Service
يتم استعادة تغذية الأحمال الحرجة تلقائيا فى مدة لا تتجاوز عشر ثوانى من انقطاع التغذية الرئيسية.

٦-٣ الاختبارات والصيانة

٦-٣-١ اختبار الشهادة Witness Test
يجب قيام جهة معتمدة باختبار المنظومة بكاملها عند تركيبها وبصفة دورية بعد ذلك.

٦-٣-٢ الفحص الدورى
مطلوب عمل فحص دورى بطريقة منتظمة محددة وذات جدول معتمد ومقبولة من جهة معتمدة للتأكد من أن الصيانة تتم بطريقة صحيحة.

٦-٣-٣ صيانة مجموعة البطاريات
وينبغى إجراء صيانة دورية للبطاريات إذا وجدت مع منظومة الطوارئ لأغراض مختلفة مثل بدء حركة آلات الاحتراق الداخلى وغير ذلك.

٦-٣-٤ التسجيل
يجب تدوين إجراءات الاختبار والصيانة المقررة فى سجلات خاصة بذلك.

٦-٣-٥ اختبارات التشغيل
ينبغى توفير وسائل لاختبار وحدة تغذية طوارئ الإنارة أو القوى فى ظروف التحميل.

٦-٤ السعة Capacity

٦-٤-١ السعة والمقنن
يجب أن تكون وحدة تغذية الطوارئ بسعة ومقنن مناسب للوفاء باحتياجات تشغيل جميع المعدات الكهربائية المتصلة بها فى حالة الطوارئ.

٦-٤-٢ التحميل والفصل الانتقائى للأحمال
من الممكن أن تقوم وحدة التغذية البديلة بإمداد أحمال طوارئ وأحمال احتياطية ضرورية وإختيارية لذلك فمن الممكن أن يتم تزويد وحدة الطوارئ بمعدات أوتوماتيكية انتقائية لتضمن تغذية مناسبة للأحمال الآتية على الترتيب.

١- دوائر الطوارئ.
٢- دوائر الطوارئ الضرورية.
٣- الدوائر الاحتياطية الاختيارية.

٦-٥ معدات التحويل Transfer Equipment

يجب أن تكون معدات التحويل من النوع الأوتوماتيكى وجاهزة للعمل فى حالة الطوارئ. وينبغى تصميم وتركيب هذه المعدات بحيث تمنع التوصيل الخطأ بين المصدر الكهربائى المعتاد ومصدر تغذية الطوارئ فى أى ظرف من حـالات التشـغيل. يتم توصـيل ذلك بفصـل جميع الموصـلات الحية بأحد المصادر قبل توصيلها بالمصدر الأخر.

٦-٦ الإشارات

يجب تزويد وحدة تغذية الطوارئ بأجهزة الإشارة الصوتية والضوئية المناسبة لبيان ما يلى :

- **٦-٦-١ العطل** : الإشارة إلى حدوث عطل.
- **٦-٦-٢ التحميل** : الإشارة إلى وحدة الطوارئ الكهربائية تقوم بتغذية حمل.
- **٦-٦-٣ التوقف** : الإشارة إلى أن شاحن البطارية متوقف عن العمل.
- **٦-٦-٤ الآلة المحركة** : الإشارة إلى تعطل معدات بدء حركة الآلة المحركة للمولد.

٦-٧ توصيلات وحدة الطوارئ

التوصيلات بين نقطـة الحماية ضد الزيادة فى التيار Overcurrent لمصدر التغذية من وحدة الطوارئ وأحمـال الطـوارئ يجب أن تكون مستقلة تماما عن التوصيلات والمعدات الأخرى كما يجب أن تكون هذه التوصـيلات غـير موضـوعة فـى نفـس المجـارى أو مـع الكـابلات أو الصـناديق أو اللوحـات الخاصـة بالتوصيلات الأخرى.

- **الاستثناء ١** : فى لوحة معدات التحويل.
- **الاستثناء ٢** : فى مخارج أو أطراف توصيل إنارة الطوارئ التى تعمل على مصدرى تغذية.
- **الاستثناء ٣** : فـى صناديق التوصـيل المشتركة والملحقـات بأطـراف أو مخارج معدات إنارة الطوارئ المغذاة من مصدرين مختلفين.
- **الاستثناء ٤** : يسمح بوضـع دائرتين أو أكثر من توصيلات الطوارئ فى نفس المجرى إذا كانت مغذاة من نفس المصدر.
- **الاستثناء ٥** : فـى صندوق التوصـيل المشترك الملحق بوحدة كهربية ويحتوى على دائرة فرعية تقوم بتغذية الوحدة وتكون هذه الوحدة مغذاة من دائرة طوارئ.

٦-٨ منظومات الطوارئ

يجب أن يتوفر مصدر تغذية قوى كهربية فى حالة انقطاع مصدر التغذية المعتاد عن المنشأة ويعرف هذا المصـدر البديل بمصـدر التغذية الاحتياطى الذى يجب أن يقوم بإمداد أحمال الطوارئ من إنارة وقوى فى خـلال فترة زمنية تتوقف علـى نـوع الحمل واستخدامه وبحيث ألا تتجاوز هذه الفترة ١٠ ثـوان ، ومن الممكن أن يكون مصدر التغذية الاحتياطى واحدا أو أكثر من المنظومات الموصوفة فى البنود (٦-٨-١) إلـى (٦-٨-٦) كمـا ينبغى أن تفى وحدة المعدات الـواردة فى بند (٦-٨-٦) باحتياجات الحمل المناسبة لها عند اختيار مصدر تغذية طوارئ. ويجب اعتبار نوع الحمل المطلوب تغذيته والمدة اللازمة أثناء فترة انقطاع التيار نتيجة حدوث أى عطل.

كمـا يجب أن يـراعى فـى تصميم وتحديد مكـان وحدة الطـوارئ انعدام تأثرها مـا أمكن بأخطـار الانـهيار الكامل الممكن حدوثه فى حالات الفيضـانـات أو الحـرائق أو التخريب.

وتتوقف درجـة الوثوقية فى منظومة وحدة الطوارئ المختارة على تقدير متغيرات وظروف المنشأة التى تقوم بخدمتها.

٦-٨-١ البطاريات

تكون البطارية بسعة ومقنن مناسب لتغذية حمل بجهد لا يقل عن ٨٧,٥ % من الجهد المعتاد على دوائر تغذية الطوارئ لأحمال الإنارة والقوى لمدة لا تقل عن ساعة ونصف. وسواء كانت البطاريات من النوع الحمضى أو القلوى ، فيجب أن تكون مصممة لتفى بخدمات الطوارئ أو تكون متوافقة مع جهاز الشحن المخصص لهذه المنظومة. فى حالة البطاريات المسدودة Sealed لا تكون هناك حاجة إلى وعاء شفاف أما بالنسبة للبطارية الحمضية التى تحتاج إلى التزويد بالماء فيجب أن تكون فى أوعية شفافة أو نصف شفافة. ويجب عدم استخدام بطاريات السيارات كما يجب توفير جهاز شحن أوتوماتيكي لشحن البطاريات.

٦-٨-٢ وحدة التوليد

١- يجب أن تتوافر آلة محركة لإدارة المولد بقدرة مناسبة. ويتم تزويد الآلة المحركة بوسيلة لبدء التشغيل أوتوماتيكيا فى حالة انقطاع مصدر التغذية الكهربية المعتادة ولنقل التوصيل تلقائيا وتشغيل كل الدوائر الكهربية اللازمة ويجب أن تتسم هذه الوسيلة بتأخير زمني١٥ دقيقة لتفادى إعادة نقل التوصيل فى حالة رجوع مصدر التغذية المعتاد لمدة قصيرة وانقطاعه مرة ثانية.

٢- عند استخدام آلات الاحتراق الداخلى لتدوير المولد يجب أن يتوفر بالموقع مصدر وقود كاف لمدة لا تقل عن ساعتين للوفاء باحتياجات تشغيل الحمل الكامل.

٣- يجب أن لا تعتمد الآلات المحركة كلية على توصيلات الغاز المحلية كمصدر للوقود ولا تعتمد على شبكة المياه العامة للتبريد كما يجب ان تتوفر وسيلة أوتوماتيكية لتجنب خلط وقود بآخر فى حالة الآلات التى تعمل على مصادر مزدوجة للوقود.

استثناء :

يمكن التصريح بإستخدام أنواع وقود أخرى غير الموجودة فى الموقع إذا كان هناك احتمال ضئيل لانقطاع وصول إمداد الوقود من خارج الموقع وتوصيل القوى الكهربية من الشبكة العامة.

٤- إذا كان بدء حركة محرك التدوير يعمل على بطارية فإنه من المناسب أن يتم توافر جهاز شحن أوتوماتيكى.

٥- يمكن قبول وحدات التوليد التى تستغرق أكثر من ١٠ثوان للبدء فى توليد القدرة إذا كانت هناك وسيلة أخرى لتغذية حمل الطوارئ حتى يكون المولد جاهزا لتغذية هذا الحمل.

٦-٨-٣ مصادر التغذية اللانقطاعية Un-interruptible Power Supplies

يجب أن تتوفر فى هذه المصادر الشروط الواردة بالبند ٦-٨-٦

٦-٨-٤ خط تغذية منفصل

يمكن بعد موافقة الجهة المختصة السماح بخط تغذية مستقل من مصدر كهربى آخر ليس له علاقة بمصدر التغذية الكهربية المعتادة حتى يمكن تفادى حدوث انقطاع التيار عن الحمل كلية.

٦-٨-٥ التوصيل بمدخل مفتاح التغذية

يمكن السماح بالتوصيل مع مدخل مفتاح التغذية الرئيسى لتغذية حمل الطوارئ فى حالة وجود عطل فى مفتاح توصيل اللوحة الرئيسية للحمل.

٦-٨-٦ الوحدات المعلقة

تتكون الوحدة المعلقة من :

١- بطارية قابلة للشحن.
٢- جهاز شحن بطارية.
٣- لمبة أو اكثر يجرى تركيبها على الوحدة ويمكن أن تكون هناك أطراف توصيل لإنارة لمبات موجودة فى مكان بعيد.
٤- جهاز ترحيل Relaying Device لتوصيل اللمبات أوتوماتيكيا عند انقطاع المصدر الكهربى عن الوحدة. ويجب أن تكون البطاريات بحجم وقدرة مناسبة لتغذية الحمل بجهد لا يقل عن ٨٧,٥ % من الجهد المعتاد لحمل اللمبات المتصل بالوحدة لمدة لا تقل عن ساعة ونصف ويجب أن يكون تصميم وتركيب البطارية الحمضية أو القلوية بحيث يفى باحتياجات خدمة الطوارئ.

كما ينبغى تثبيت الوحدات المعلقة فى مكان محدد فهى ليست متنقلة ويجب أن تكون توصيلاتها وفقا للقواعد المتبعة ويسمح باستخدام التوصيلات المرنة Flexible Cords ووصلات القبس Plug-in بحيث لا يتعدى طولها عن ٩متر و ينبغى أن تتغذى الوحدة المعلقة من دوائر الإنارة بحيث يتم توصيلها قبل أى مفتاح داخلى.

٦-٩ أحمال دوائر الطوارئ الفرعية

يجب عدم توصيل أية لمبات غير تلك الخاصة بإنارة الطوارئ بدوائر إنارة الطوارئ بالإضافة إلى الأحمال الهامة ذات الأولوية والحاجة إليها فى التشغيل.

٦-١٠ إنارة الطوارئ

يجب أن تشمل إنارة الطوارئ جميع اللمبات اللازمة لمخارج الطوارئ ولمبات الإنارة الضرورية الأخرى أما عن تصميم منظومات إنارة الطوارئ فيجب أن يكون بحيث لاتنعدم الإضاءة كليا فى المكان المخصص إذا احترقت أى لمبة.

٦-١١ دوائر إنارة الطوارئ

يجب أن يراعى تركيب الدوائر الفرعية الخاصة بتغذية إنارة الطوارئ بحيث تسمح بإتاحة توصيل حمل إضاءة الطوارئ بوحدة تغذية طوارئ كالواردة فى البند ٦-٨ عند انقطاع التيار من المصدر المعتاد. ويجب أن توفر هذه الدوائر أحد الظروف الآتية :

١- مصدر تغذية لإنارة الطوارئ بحيث يكون مستقلا عن المصدر المعتاد للإنارة وأن يكون مزودا بوسائل للتحويل الأوتوماتيكى لتغذية الإنارة.
٢- مصدرين منفصلين أو أكثر ومنظومات كاملة بمصدر تغذية مستقل وكل منظومة قادرة على مد حمل إنارة الطوارئ بتيار كاف فإذا كانت المنظومتان مستخدمتين للتغذية المعتادة فيجب أن تكون هناك وسيلة لتوصيل إحدىالمنظومات أوتوماتيكيا بالطاقة إذا حدث عطل للأخرى ولا يسمح لأى واحدة من المنظومتين أو كليهما كجزء من منظومة الإنارة العامة المخصصة إذا كانت الدوائر تقوم بتغذية إنارة الطوارئ الموجودة فى المنشأة.

٦-١٢ دوائر طوارئ القوى

هذه الدوائر خاصة بتغذية المعدات اللازمة فى حالة الطوارئ والتى تحتاج إلى توصيلها بمصدر تغذية أوتوماتيكيا عند انقطاع التغذية من المصدر المعتاد.

٦-١٣ متطلبات مفتاح التحكم

يجب أن يتم توصيل مفتاح أو مفاتيح دوائر الطوارئ بحيث يسمح فقط لشخص مسئول بالتحكم فى إنارة الطوارئ.

الاستثناء ١ :

عندما يتم توصيل مفتاح أو أكثر من نوع السكة الواحدة Single-Throw بالتوازى للتحكم فى دائرة واحدة ويجب أن يكون أحد هذه المفاتيح متاحا للاستعمال من الشخص المسئول.

الاستثناء ٢ :

- يمكن السماح بمفاتيح إضافية لتشغيل إنارة الطوارئ فقط بدون إمكانية فصل.
- لا ينبغى استخدام المفاتيح الثلاثية أو الرباعية الاتجاه.

٦-١٤ موضع مفتاح التحكم

يجب وضع المفاتيح التى تعمل يدويا للتحكم فى دوائر الطوارئ فى أماكن مناسبة يتمكن فيها الأشخاص من تشغيلها.

٦-١٥ اللمبات الخارجية

بالنسبة للمبات الموجودة خارج المبنى ولا تلزم الإنارة عند توفر الإنارة العادية نهارا لمستوى مناسب فإنه من الممكن السماح بوسائل تحكم أوتوماتيكى تعمل بتأثير الضوء للفصل والتوصيل.

٦-١٦ الحماية الكهربائية

١- يجب أن تكون أجهزة الوقاية ضد التيار الزائد بالدوائر الفرعية للطوارئ فى متناول الأشخاص المسئولة.
٢- لا تحتاج منظومات تغذية الاحتياطى البديلة إلى أجهزة وقاية ضد أعطال التأريض.

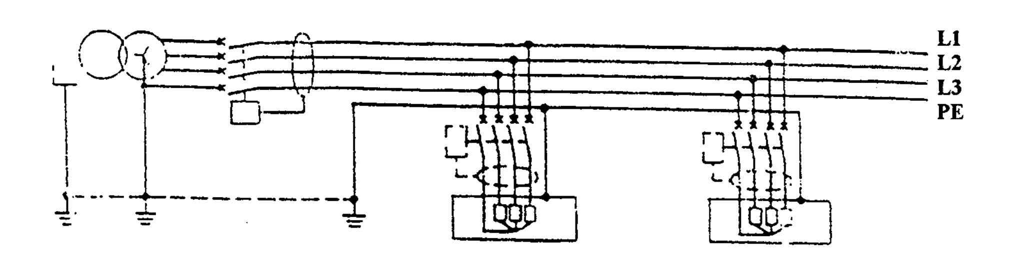
الباب السابع
التأريض

٧-١ عام
نظام التأريض يهدف أساسا إلى وقاية الأفراد من الصدمات الكهربائية فى المعدات والمنشآت الهندسية الكهربائية والمبانى بالإضافة إلى وقاية المعدات والدوائر الكهربية ويستخدم نظام التأريض بحيث يكون متناسبا مع ظروف التشغيل والوقاية لكل حالة.

٧-٢ تأريض منظومات التيار المتردد
تعتمد نظم التأريض على طريقة التوصيل بالأرض ويوجد ثلاثة نظم طبقا للمواصفات العالمية وهى IT, TN, TT وتحدد هذه الرموز علاقات الشبكة والأرض والأجزاء الموصلة من التركيبات بالإضافة إلى علاقة خط التعادل وخط الأرضي.

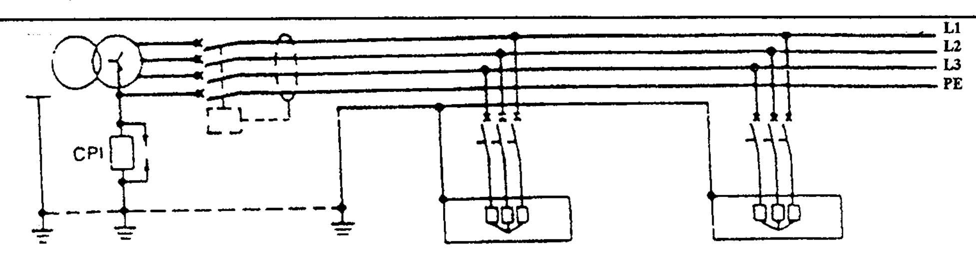
١- الحرف الأول من اليسار يحدد علاقة توصيل نقطة تعادل الشبكة الكهربائية مع الأرض.
٢- الحرف الثانى من اليسار يحدد علاقة توصيل الأجزاء الموصلة للتيار والظاهرة من التركيبات مع الأرض.
٣- الحرف الثالث من اليسار يحدد علاقة موصلات خط التعادل مع خط التأريض المباشر.
٤- T تعنى التوصيل المباشر.
٥- I تعنى عزل التوصيل.
٦- N تعنى التوصيل المباشر للأجزاء المعرضة إلى اللمس والقابلة للتكهرب.
٧- S تخصيص موصل مستقل لكل من خطى التعادل والأرضي.
٨- C يكون خطى التعادل والأرضى متصلين أو مندمجين فى موصل واحد.

٧-٢-١ نظام التوصيل المباشر TT Directly Earthed Neutral System TT
وفى هذا النظام يتم توصيل جميع أجزاء التركيبات والمعرضة إلى اللمس إلى خط تأريض خاص غير متصل بخط التعادل ولا تعتمد على خط التأريض فى الشبكة شكل (٧-١) ويفضل هذا النظام فى حالات توصيلات الحاسبات الآلية وكذلك منظومات التحكم.



شكل (٧-١) نظام TT التأريض المباشر لخط التعادل

٧-٢-٢ التوصيل IT من خلال مقاومة IT Unearthed Neutral System
وفى هذا النظام تستخدم مقاومة لتوصيل خط التعادل بالأرض من جهة الشبكة بينما يتم توصيل جميع أجزاء التركيبات والمعرضة للمس إلى خط تأريض خاص شكل (٧-٢).



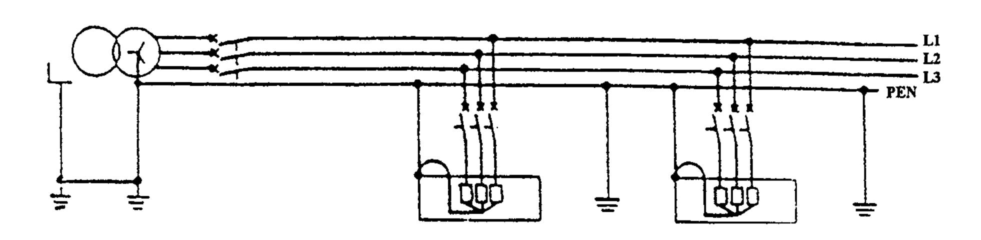
شكل (٧-٢) نظام IT حيث خط التعادل غير مؤرض

٧-٢-٣ التوصيل TN المتعدد TN Multiple Earthed Neutral System

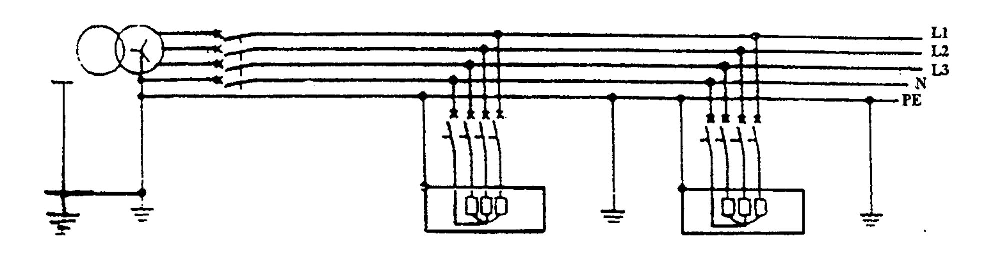
ويحتوى هذا النظام على نوعين من الأنظمة شكل (٧-٣)

أ- نظام TNC ويعتمد على أربع خطوط حيث يندمج خطا التعادل والأرضى فى خط واحد PEN.

ب- نظام TNS ويعتمد على خمس خطوط حيث ينفصل خط التعادل عن خط الأرضى ويفضل هذا النظام لضمان الأمان.



أ- نظام TNC ذو الأربعة أسلاك



ب- نظام TNS ذو الخمسة أسلاك

شكل (٧-٣) نظام TN المتعدد حيث خط التعادل متصل بالأرض

٧-٣ تأريض منظومات التيار المستمر

يجب تأريض منظومات التيار ذى الموصلين وكذلك موصل التعادل للنظم ذات الثلاثة أسلاك وذلك لجهود أقل من ٣٠٠ فولت بين الخط وموصل التعادل ويكون موصل التأريض لدوائر التيار المستمر ذا سعة لا تقل عن سعة أكبر موصل من موصلات الدائرة شريطة ألا تقل مساحة المقطع عن ٨ مم^{٢} من النحاس الأحمر.

٧-٤ تأريض أجهزة القياس

يكون موصل التأريض لأغلفة أجهزة القياس والدوائر الثانوية لمحولات القياس بمقطع لا يقل عن ٣ مم^{٢} من النحاس.

٧-٥ التأريض حسب الجهود للتيار المتردد

٧-٥-١ تأريض تيار متردد أقل من ٥٠ فولت

يتم التأريض لأحد أطراف الملفات الثانوية عندما تكون التغذية عن طريق محول والمصدر غير مؤرض وذو جهد أكثر من ١٥٠ فولت.

٧-٥-٢ تأريض تيار متردد من ٥٠ فولت إلى ١٠٠٠ فولت

يوصل الأرضى تحت الشروط الآتية :

أ- لا يزيد جهد نقطة التأريض مع الأرضى عن ١٥٠ فولت.

ب- عندما يستخدم نظام ٤٠٠ / ٢٣١ فولت ، ٣ طور ، ٤ طرف.

ج- عندما يستخدم نظام ٢٢٠ / ١٢٧ فولت ، ٣ طور ، ٤ طرف.

وتوصل المعدات بالأرض فى الحالات الآية :

أ- عند وجود المعدة فى مسافات أقل من ٣ متر رأسى أو أقل من ١,٥ متر أفقى من الأرضى أو معرضة للمس أى إنسان.

ب- عند تواجد المعدة فى منطقة رطبة أو غير معزولة.

ج- عند تعرض لمس الكهرباء بالمواد المعدنية.

د- عند تواجد المعدة فى المناطق الخطرة.

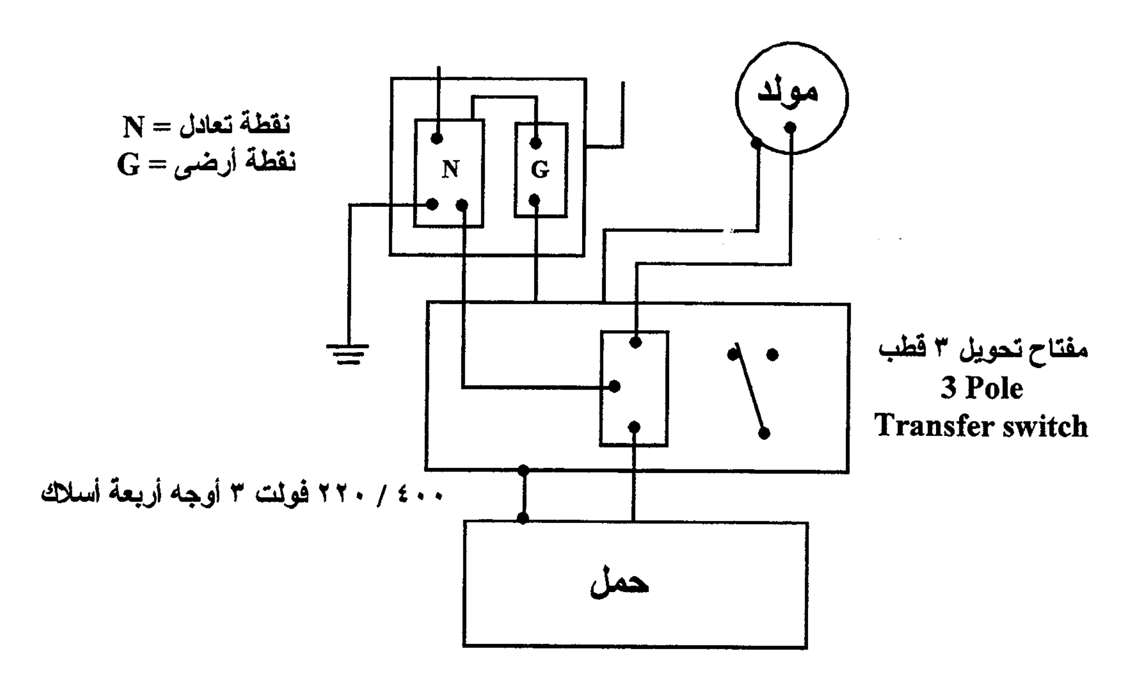
٧-٥-٣ تأريض تيار متردد ١ ك.ف أو أكثر

عند استخدام نظام النجمة للمصدر ويوصل خط التعادل من خلال مقاومة ثم توصيل المعدات بالأرضى طبقا للشكل (٧-٢).

٧-٦ تأريض المولدات الاحتياطية

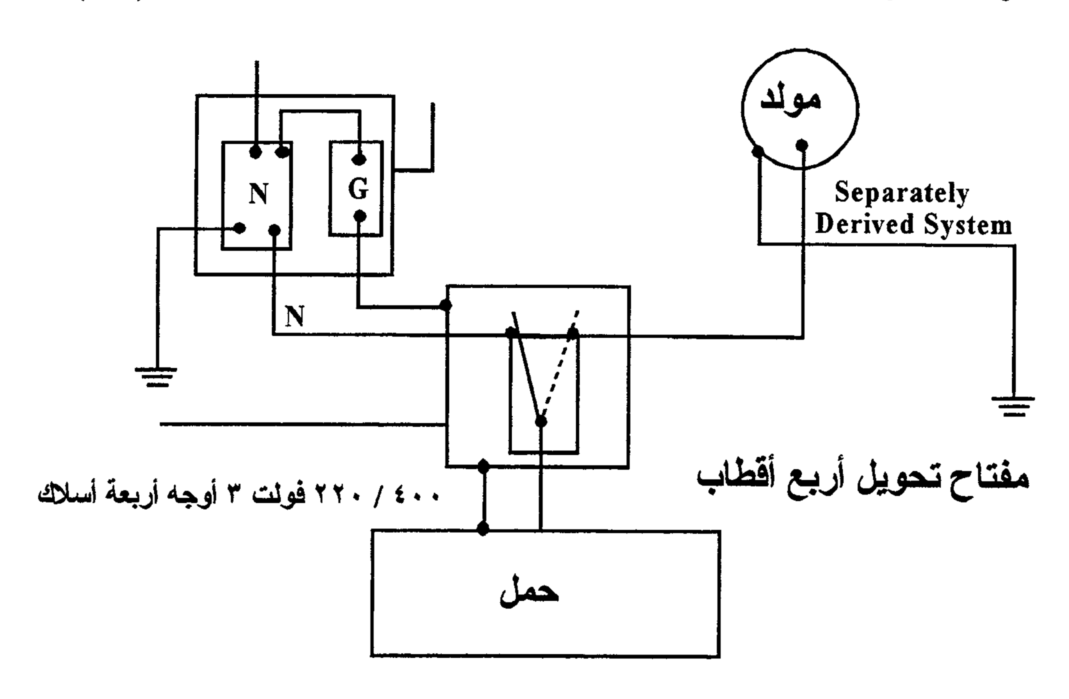
يعتمد تأريض المولدات الاحتياطية على نظام التوصيل المباشر من عدمه.

أ- فى حالة التوصيل المباشر لا يكون المولد الاحتياطى منفصلا عن الشبكة الكهربائية فى خط التعادل شكل (٧-٤).



شكل (٧-٤) وحده طوارئ ذات توصيل مباشر

ب- فى حالة التوصيل غير المباشر فإن خط أرضى المولد يختلف عن أرضى الشبكة شكل (٧-٥).



شكل (٧-٥) وحده طوارئ ذات توصيل غير مباشر

٧-٧ تأريض المولدات المحمولة (النقالى)

فى حالة المولدات المحمولة فإن الأرضى إما أن يكون متصلا بالهيكل الأساسى للمعدة وإما أن يكون خطا منفصلا.

٧-٨ الأرضى
يتكون من الأجزاء المدفونة (عمود الأرضي) ومن الموصلات ومن بئر الأرضى أو غرفة التفتيش.

٧-٨-١ عمود الأرضى
عمود الأرضـى هو عمود من النحاس المصمت أو الصلب المجلفن أو الحديد المجلفن أو النحاس المختلط بالصلب وغير مدهون بأى من المواد العازلة ويكون المعدن متناسبا مع طبيعة الأرض والتآكل ويكون العمود ذو قطر ١٨ : ٣٨ مم وطول ١,٥ حتى ٣ متر شكل (٧-٦-أ).

فى حالة الأرض الطينية يكون الارتفاع الرأسى لا يقل عن ٢,٥ متر مع دك الأرض حول العمود جيدا أما الأراضـى الرملية أو الزلطية فإنه يستخدم عمودين أو أكثر عمق كل منهما على الأقل ٢,٥ متر والمسافة بين كل منهما لا تقل عن ٢,٥ متر (المسافة بين كل عمودين لا تقل عن طول العمود).

٧-٨-٢ الألواح المدفونة
ينبغى أن لا تقل مساحة قطب الأرضى المعرض للتربة عن ١٨٥٠ سم^{٢} وسمك لا يقل عن ١,٥ مم للنحاس الأحمر أو سمك ٦ مم للألواح الحديد أو الصلب شكل (٧-٦-ب) وتدفن فى الأرض يكون طرفها العلوى على عمق ١ متر تحت مستوى سطح الأرض ويراعى ألا تقل المسافة بين كل صفيحتين عن ثلاثة أمتار.

٧-٨-٣ غرفة التفتيش
يتم إنشاء غرفة تفتيش خرسانية بأبعاد ٦٠ x ٦٠ سم تشكل بالموقع أو ماسورة خرسانية قطر ٦٠ سم وسمك من ١٠ : ١٥ سم وعمق ١٥ سم تحت وصلة الربط للقضيب أو الصفيحة وعمق عام لا يقل عن ٢٥ سم وتغطى الغرفة بغطاء خرسانى أو من الصلب المجلفن أو الحديد الزهر المناسب لأحمال الحركة الواقعة عليه ومزود بحلقات رفع.

٧-٨-٤ الموصلات
يجب ترتيب نقاط الاتصال بالأرضى بحيث لا يمر فى موصل التأريض أى تيار ذو قيمة غير مرغوب فيها تحت الظروف العادية لتشغيل الدائرة كما تكون ذات مقطع مناسب لأقصى تيار يمكن أن يمر فى حالة الظروف الطارئة للتشغيل.

ولا يركب أى مصهر أو قاطع أوتوماتيكى للتيار على موصلات التأريض إلا فى الحالات التى يؤدى فيها تشغيل هذا القاطع إلى فصل المعدة تلقائيا من جميع مصادر التيار الواصلة إلى المعدة المؤرضة. عند تركيب أى مفتاح كهربى أو يدوى Earthing Switch على دوائر التأريض يجب أن يكون فى مكان ظاهر ومزود بالعلامات الدالة ومعزولا عزلا كاملا وبعيدا عن متناول الأفراد غير المختصين.

٧-٨-٤-١ التيار المقنن لموصلات التأريض

جدول (٧-١)

المقطع	التيار المتدفق بصفة مستمرة			التيار المتدفق لمدة ثانية واحدة		
مم^2	صلب A	ألومنيوم A	نحاس A	صلب A	ألومنيوم A	نحاس A
١٦			١٥٠			٣٥٠٠
٢٥		١٦٠	٢٠٠		٢٧٠٠	٤٠٠٠
٣٥		٢٠٠	٢٨٠		٣٧٠٠	٥٥٠٠
٥٠	١٥٠	٢٥٠	٤٨٠	٣٣٠٠	٥٣٠٠	٨٠٠٠
٧٠	١٨٠	٣٢٠	٥٩٠	٤٧٠٠	٧٤٠٠	١١٥٠٠
١٠٠	٢٤٠	٤٢٠	٧٨٠	٦٧٠٠	١٠٥٠٠	١١٦٠٠
٢٠٠	٤٢٠	٧٦٠	١٢٨٠	١٣٥٠٠	٢١٠٠٠	٣٢٥٠٠

٧-٨-٤-٢ مقطع موصلات التأريض ومقطع موصلات التيار المتردد

جدول (٧-٢)

مقطع موصلات التيار المتردد		مقطع موصلات التأريض	
نحاس	ألومنيوم وسبائكهما	نحاس	ألومنيوم وسبائكهما
≥ ٣٥ مم^2	≥ ٥٠ مم^2	٨ مم^2	١٦ مم^2
≥ ٥٠ مم^2	≥ ٧٥ مم^2	١٦ مم^2	٢٥ مم^2
≥ ٧٥ مم^2	≥ ١٢٠ مم^2	٢٥ مم^2	٣٥ مم^2
≥ ١٧٥ مم^2	≥ ٢٥٠ مم^2	٣٥ مم^2	٥٠ مم^2
≥ ٣٠٠ مم^2	≥ ٤٥٠ مم^2	٥٠ مم^2	٩٠ مم^2
≥ ٥٠٠ مم^2	≥ ٨٥٠ مم^2	٧٠ مم^2	١٠٥ مم^2
≥ ٥٠٠ مم^2	≥ ٨٥٠ مم^2	٩٠ مم^2	١٢٠ مم^2

٧-٨-٤-٣ جداول مساحة مقطع تأريض المعدات ومعدلات الفصل للقواطع

جدول (٧-٣)

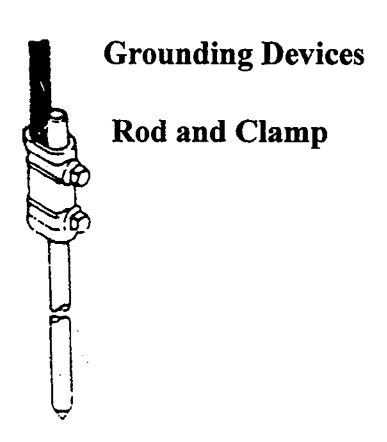
معدلات حمل فصل القواطع	المقطع مم^٢	
	نحاس	ألومنيوم وسبائكهما
١٥ أمبير	٢	٣
٢٠ أمبير	٣	٥
٣٠ أمبير	٥	٨
٤٠ أمبير	٥	٨
٦٠	٥	٨
١٠٠	٨	١٣
٢٠٠	١٣	٢٠
٣٠٠	٢٠	٣٥
٤٠٠	٢٥	٥٠
٥٠٠	٣٥	٥٠
٦٠٠	٥٠	٧٠
٨٠٠	٥٥	٨٥
١٠٠٠	٧٠	١١٠
١٢٠٠	٩٠	١٢٠
١٦٠٠	١١٠	١٧٠
٢٠٠٠	١٢٠	٢٠٠
٢٥٠٠	١٧٠	٣٠٠
٣٠٠٠	٢٠٠	٣٠٠
٤٠٠٠	٢٥٠	٤٠٠
٥٠٠٠	٣٥٠	٦٠٠
٦٠٠٠	٤٠٠	٦٠٠

٧-٩ مقاومة الأرضى

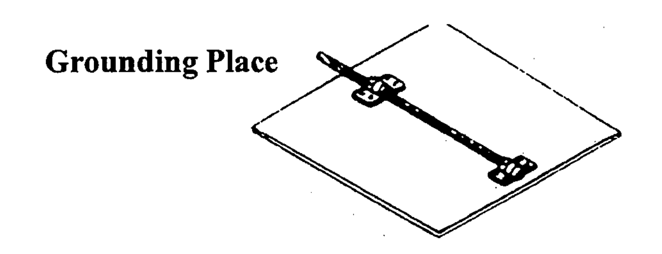
لا يجوز أن تزيد قيمة المقاومة بين قطب الأرضى وبين الأرض عن ٥ أوم وفى حالة تعذر الحصول على هذه القيمة فيستخدم قطبان أو أكثر توصل على التوازي. وتكون مقاومة الهياكل المعدنية للمبانى وكذلك الأغلفة المعدنية للخزانات تحت سطح الأرض بصفة عامة ولا تزيد عن ١٠ أوم فى حالات موانع الصواعق لكل عمود، ولا تزيد عن واحد أوم لمناطق اللحام ونقط التوصيل. ويفضل فى التركيبات الكهربائية لمحطات الطلمبات أن تكون مقاومة الأرضى بعد التركيب فى حدود ٤ اوم وشكل (٧-٧) يوضح كيفية قياس مقاومة الأرضي.

٧-١٠ تحسين أداء نظام التأريض

لتحسين أداء نظام التأريض يستخدم عده طرق لإدخال مكونات البناء أو المهمات المتواجدة مع مراعاة الأمان للاتزان وطبقا لكل نظام بما يتماشى معه. ويوضح شكل (٧-٨) بجميع مفرداته أمثلة لنظم تحسين الأداء.



أ- عمود الأرضى



ب- اللوح المدفون

شكل (٧-٦)

الأبعاد بالملليمتر

50 300 50

SQ.

إناء من الحديد الزهر ذو حلقة تحريك

750

لحام جميع التوصيلات لحام حرارى

خط توصيل الأرضى

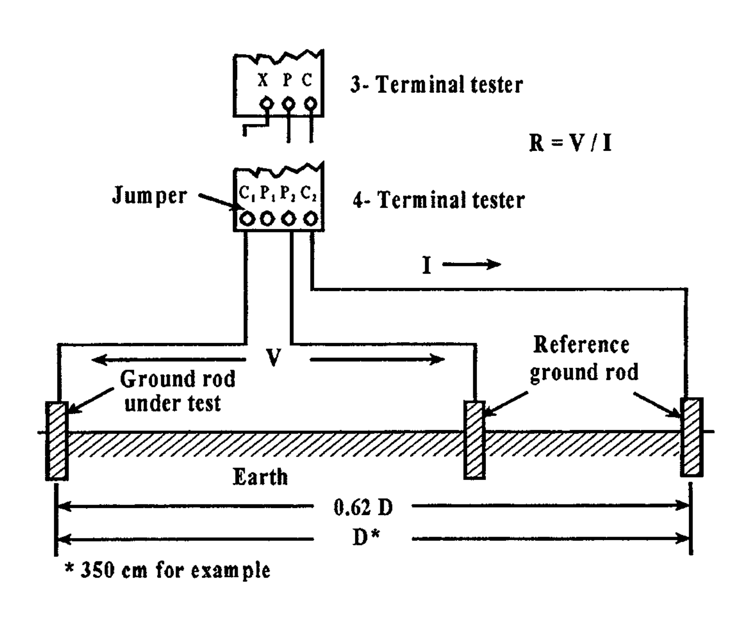
50

خرسانة عادية

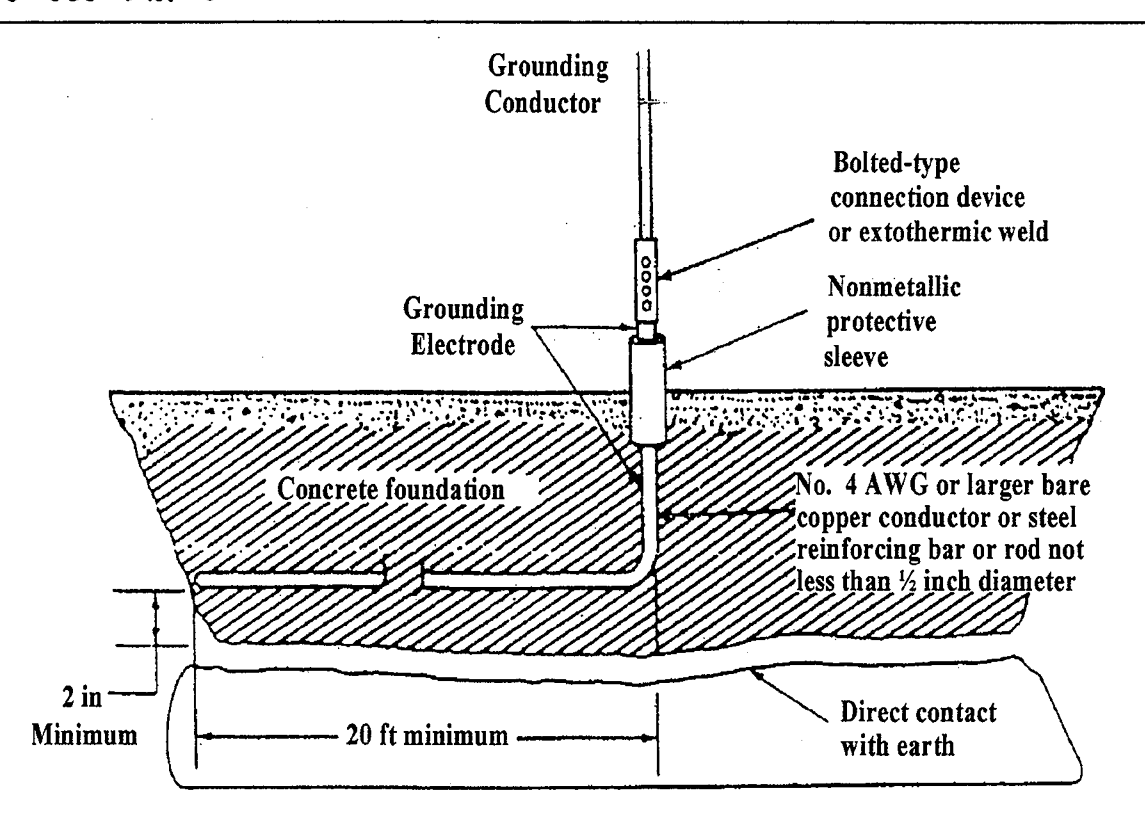
قطب الأرضى

ج- غرفة تفتيش الأرضى

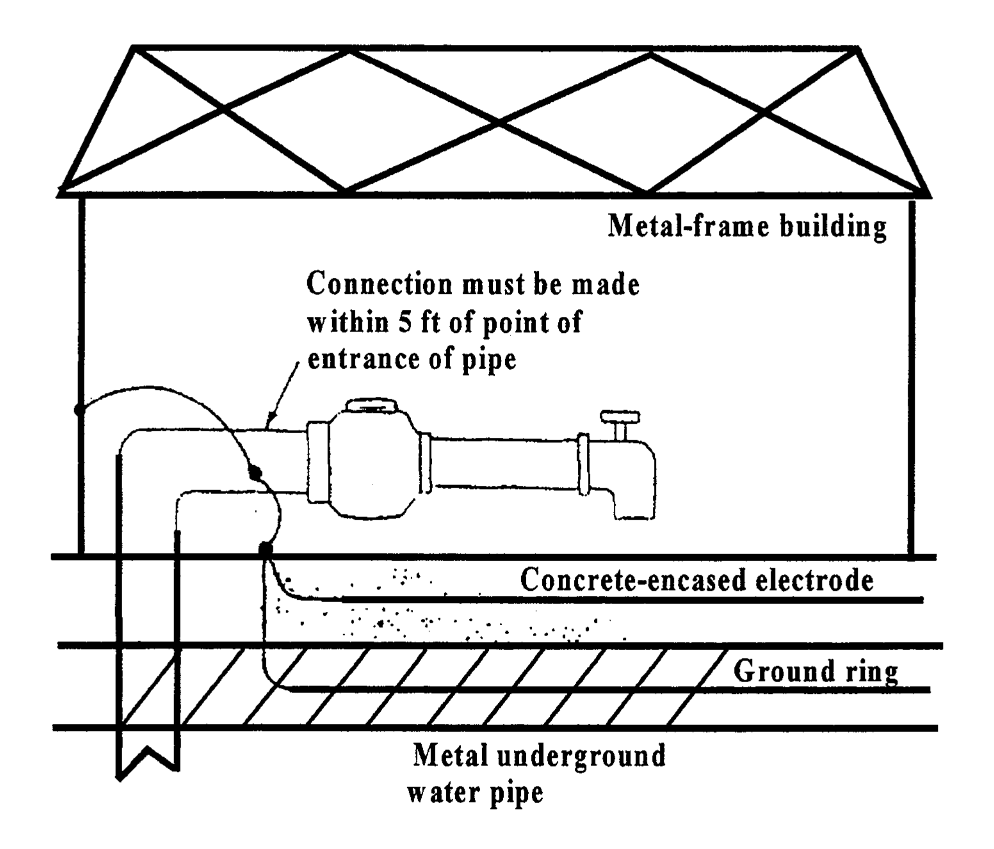
شكل (٧-٦)



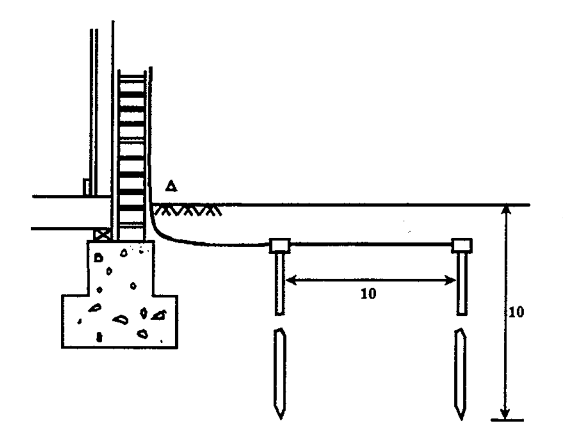
شكل (٧-٧) طرق قياس مقاومة الأرضى



أ- توصيل الأرضى بالأساسات



ب- توصيل الأرضى بمواسير المياه



ج- زيادة عدد أعمدة الأرضى

شكل (٧-٨) طرق تحسين الأرضى

شكل (٧-٨) طرق تحسين الأرضى

الباب الثامن
معدات الرى التى تعمل بالكهرباء

٨-١ المجال

هذا الجزء من الكود يختص بآلات الرى التى تعمل أو تدار بالكهرباء وكذلك دوائر التغذية وأجهزة التحكم بها. بالإضافة إلى ما هو وارد فى هذا الجزء تسرى الشروط الأخرى الواردة فى أجزاء الكود الخاصة بالتحكم فى المحركات الكهربائية فيما عدا ما جرى عليه تعديل فى الجزء الحالى.

٨-٢ تعريفات

١- آلات الرى بالرش ذات المحور المركزى Center Pivot Irrigation Machines

آلة الرى ذات المحور المركزى عبارة عن ماكينة رى تحتوى على محركات متعددة وتدور حول محور مركزى وتستخدم مفاتيح محاذاة Alignment Switches أو ما شابه ذلك للتحكم فى كل محرك على حدة.

٢- حلقات المجمع Collector Rings

عبارة عن تركيبة من حلقات انزلاق لنقل الطاقة الكهربية من جزء ثابت إلى جزء متحرك (دوار).

٨-٣ كابل الرى Irrigation Cable

٨-٣-١ التصميم

يجب تصميم الكابل الرابط بين المعدات الموجودة على آلة الرى بحيث يتكون من موصلات مشعرة ومعزولة بمادة حشو فى القلب من مادة غير مسامية ومقاومة للاشتعال وغير معدنية ومغلفة بغطاء معدنى عليه طبقة من مادة مقاومة للرطوبة والتآكل وضوء الشمس وغير معدنية ، وبحيث تكون مادة عزل الموصل من مادة مناسبة لدرجة حرارة ٧٥ درجة مئوية وصالحة للاستعمال فى الأماكن الرطبة ويجب أن لا يقل سمك مادة عزل قلب الكابل عن ٠,٧٦٢ مم ولا يقل سمك الطبقة المعدنية المغلفة عن ٠,٢ مم ولا يجب أن يقل سمك المادة العازلة الخارجية عن ١,٢٧ مم.

من الممكن السماح باحتواء الكابل على مجموعة من موصلات القوى والتحكم و التأريض.

٨-٣-٢ الحوامل Supports

يجب تثبيت كابل الرى بشدادات أو وسائل تعليق أو ما شابه ذلك من وسائل التثبيت المصممة والمركبة بحيث لا تضر الكابل ويجب أن يكون الكابل مثبتا على نقاط لا تبعد عن بعضها أكثر من ١,٢٢ متر.

٨-٣-٣ أطراف التوصيل Fittings

يجب استعمال أطراف توصيل مناسبة على نهايات الكابل ويجب تصميم أطراف التوصيل للإستخدام المناسب للكابل ولظروف التشغيل المطلوبة.

٨-٤ وجود أكثر من ثلاثة موصلات فى كابل أو مجرى

يجب عدم تقليل مقننات التحميل التيارى للموصلات إذا زادت عن ثلاثة كما فى التركيبات الأخرى.

٨-٥ وضع علامات على لوحة التحكم الرئيسية

يجب تزويد اللوحة الرئيسية للتحكم بلوحة بيانات مدون عليها المعلومات الآتية :

١- اسم المصنع والجهد المقرر وعدد الأطوار والتردد.
٢- التيار المقرر للآلة.
٣- مقنن وسيلة فصل التيار وحجمها ووقايتها من التيار الزائد.

٨-٦ حلقات المجمع

٨-٦-١ السعة التيارية

يجب أن تكون حلقات المجمع ذات سعة تياريه مناسبة لا تقل عن ١٢٥ % من تيار الحمل الكامل لأكبر جهاز يتغذى منها بالتيار بالإضافة إلى تيار الحمل الكامل للأجهزة الأخرى المغذاة بالطاقة الكهربية.

٨-٦-٢ سعة التأريض

يجب أن تكون السعة التيارية لحلقات المجمع المستخدمة فى التأريض بنفس السعة التيارية لأكبر حلقة مجمع فى المنشأة.

٨-٦-٣ الحماية

يجب حماية حلقات المجمع من احتمال التلامس مع البيئة المحيطة بوضعها فى وعاء مناسب.

٨-٧ التأريض

يجب تأريض المعدات الآتية :

١- جميع المعدات الكهربية الموجودة على آلة الرى.
٢- جميع المعدات الكهربية المتعلقة بآلة الرى.
٣- صناديق التوصيل والأوعية المعدنية.
٤- لوحات ومعدات التحكم التى تغذى أو تتحكم فى المعدات الكهربية لآلة الرى.

استثناء :

لن يكون هناك حاجة إلى تأريض على الآلات التى تتوفر فيها الظروف الآتية :

أ- يتم التحكم فى الآلة كهربيا ولكن لا يتم تغذيتها بطاقة كهربية.
ب- جهد التحكم لا يزيد عن ٣٠ فولت.
ج- تيارات الإشارة والتحكم محدودة إلى درجة صغيرة.

٨-٨ طرق التأريض

الآلات التى تحتاج إلى تأريض هى تلك التى لا تحتوى على موصل تأريض لا يحمل تيار فى العادة كجزء متكامل من الوصلة أو الكابل أو مجرى التوصيل المغذية للآلة ويجب أن يكون موصل التأريض بحجم مساوى لحجم موصلات التغذية الكهربية إلا أنه يجب أن لا يقل مقاسه عن ٢ مم^{2} نحاس.

٨-٩ التربيط Bonding

عند وجود حاجة إلى التأريض الكهربى لآلة الرى يجب ربط الهيكل المعدنى للآلة والأجزاء المعدنية للمواسير بالغلاف المعدنى للكابل مع موصل التأريض ويمكن اعتبار الأجزاء المعدنية التى لا يمر بها تيار فى الآلة كممر تربيط مقبول.

٨-١٠ التغذية من أكثر من مصدر كهربى
المعدات الموجودة داخل وعاء واحد بالآلـة والتـى تتغذى من أكثر من مصدر لا تحتاج إلى وسيلة فصل خاصة بالمصدر الآخر بفرض أن الجهد أقل من ٣٠ فولت.

٨-١١ الوصلات Connection
يجب أن تكون المقابس والقابسات والوصلات الأخرى الموجودة بالمعدات من نوع يتحمل الظروف الجوية.

٨-١٢ آلات الرى ذات المحور المركزى
يحتوى هذا الجزء على ما يخص آلات الرى ذات المحور المركزي.

٨-١٢-١ المقنن المستمر للتيار
يجب أن يكون إختيار موصلات وأجهزة الدوائر الفرعية بحيث تتحمل ١٢٥ % من تيار الحمل الكامل المبين على لوحة أكبر محرك بالإضافة إلى ٦٠ % من مجموع تيارات الحمل الكامل المقررة لجميع بقية المحركات المتصلة على نفس الدائرة للتشغيل المستمر.

٨-١٢-٢ تيار البدء
يتم تقدير تيار بدء المحرك ليكون مساويا لمجموع ضعف تيار البدء لأكبر محرك مضافا إليه ٨٠ % من مجموع تيار الحمل الكامل لبقية المحركات المتصلة بالدائرة.

٨-١٢-٣ وسائل الفصل

أ- جهاز التحكم الرئيسى
هو جهاز تحكم لتشغيل وإيقاف الآلة كلها ويجب أن يتوفر فيه الشروط الآتية :
١- أن لا يقل المقنن المستمر لتياره عن القيمة المشار إليها فى البند ٨-١٢-١ .
٢- يجب أن لا يقل مقنن القدرة له عن القيمة المناظرة للقدرة المسحوبة عند بدء الحركة.

ب- وسيلة الفصل الرئيسية
يجب وضع وسيلة الفصل الرئيسية للآلة عند نقطة تغذية الآلة بالطاقة الكهربية أو فى مكان ظاهر على بعد لا يتعدى ١٥,٢ متر من الآلة ويجب أن تكون سهلة الوصول إليها ولها القدرة على وصدها فى وضع الفتح ويجب أن تكون وسيلة الفصل هذه بمقنن قدرة وتيار مساوى لما هو مقرر لجهاز التحكم الرئيسى.

ج- وسيلة فصل المحرك وجهاز التحكم المنفرد
يجب تزويد كل محرك وجهاز تحكم بوسيلة فصل توضع فى مكان مناسب وليس مطلوبا وجود وسيلة الفصل هذه فى مكان يمكن الوصول إليه فى الحال.

٨-١٢-٤ موصلات الدائرة الفرعية
يجب اختيار حجم موصلات الدائرة الفرعية حسب ما هو مقرر فى بند ٨-١٢-١ .

٨-١٢-٥ وجود عدد من المحركات على دائرة فرعية

أ- الحماية المطلوبة

يمكن السماح بتوصيل عدد من المحركات لا تتعدى قدرة كل منها ٢ حصان على دائرة آلة الرى والتى بها حماية لا يزيد تيارها عن ٣٠ أمبير عند جهد ٦٠٠ فولت أو أقل بشرط توفر الشروط الآتية :

١- لا يتعدى تيار الحمل الكامل المقرر لكل محرك عن ٦ أمبير.

٢- يجب أن يزود كل محرك بوسيلة وقاية مناسبة.

٣- يجب ألا يقل حجم التوصيلات لكل محرك عن ٢ مم^{٢} نحاس بطول لا يزيد عن ٧,٦٢ متر.

ب- عدم الحاجة إلى وقاية منفردة

إذا توفرت الشروط الواردة فى البند ٨-١٢-٥-أ على كل دائرة تغذية فرعية للمحركات وأجهزة التحكم فيها فلن يكون هناك حاجة لوجود وقاية من القصر على دائرة التغذية لكل محرك.

٨-١٢-٦ حلقات المجمع

أ- نقل التيار للتغذية بالقدرة

يجب أن لا تقل السعة التيارية لحلقات المجمع الحاملة لتيار التغذية بالقوى الكهربية المنصوص عليه فى البند ٨-١٢-١ .

ب- التحكم والإشارة

يجب أن تكون السعة التيارية لحلقات المجمع المستعملة لنقل تيارات التحكم والإشارة بحيث لا تقل عن ١٢٥ % من تيار الحمل الكامل لأكبر جهاز يتم تغذيته بالإضافة إلى مجموع تيارات الحمل الكامل لبقية الأجهزة المغذاة.

ج- التأريض لحلقه المجمع

يجب أن تكون السعة التيارية لحلقة المجمع الخاصة بالتأريض مساوية للسعة التيارية لأكبر حلقة مجمع فى التركيبة.